

Leena Gruzdaitis, Riikka Rajamäki, Matti Keränen, Juha Luoma

**Visuaaliset keinot vaikuttaa
nopeuksiin ja
liikenneturvallisuuteen**

Tiehallinnon selvityksiä 35/2008

Leena Gruzdaitis, Riikka Rajamäki, Matti Keränen, Juha Luoma

**Visuaaliset keinot vaikuttaa
nopeuksiin ja
liikenneturvallisuuteen**

Tiehallinnon selvityksiä 35/2008

Tiehallinto

Helsinki 2009

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)

ISSN 1459-1553

ISBN 978-952-221-149-1

TIEH 3201115-v

Helsinki 2009

TIEHALLINTO

Keskushallinto

Opastinsilta 12 A

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0204 22 11

Leena Gruzdaitis, Riikka Rajamäki, Matti Keränen, Juha Luoma: Visuaaliset keinot vaikuttaa nopeuksiin ja liikenneturvallisuuteen. Helsinki 2009. Tiehallinto, Keskushallinto. Tiehallinnon selvityksiä 35/2008, 64 s. + liitt. 6 s. ISSN 1459-1553, ISBN 978-952-221-149-1, TIEH 3201115-v.

Asiasanat: liikenneturvallisuus, ajonopeus, tiemerkinnot, optinen ohjaus
Aiheluokka: 82,84

TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli tutkia visuaalisten keinojen vaikutuksia ajonopeuksiin ja liikenneturvallisuuteen. Työssä keskityttiin lähinnä tiemerkinnotiin sekä tien optiseen ohjaukseen liittyviin visuaalisiin keinoihin. Työssä pyrittiin löytämään toteutuskelpoisia keinoja kokeiltavaksi Suomen tieverkolle. Työ muodostui kahdesta osasta: kirjallisuusselvityksestä ja keinojen sovellusmahdollisuuksien arvioimisesta Suomen tieverkolla.

Visuaalinen informaatio on kuljettajalle välttämätöntä ajon aikana ja sillä on huomattava merkitys ajotehtävästä suoriutumisen kannalta. Tässä työssä tarkastelluilla liikenneympäristön visuaalisilla keinoilla pyritään mm. tuottamaan kuljettajalle jatkuvaa tietoa kaistalla pysymisen tueksi (reuna- ja keskiviivat) sekä toisaalta visuaalisilla ärsykkeillä pyritään luomaan kuljettajalle mielikuva todellista suuremmasta nopeudesta ja siten hillitsemään ajonopeuksia. Visuaalisilla keinoilla haetaan kustannustehokkaita ja uusia ratkaisuja liikenneturvallisuuden parantamiseksi Suomen maanteilla.

Kirjallisuusselvityksessä esille tulleita visuaalisia keinoja olivat: perinteiset reuna- ja keskiviivat, leveä keskialue (vastakkaiset ajosuunnat erottava metrin levyinen tiemerkinnotilla rajattu alue), ajokaistojen kaventaminen, poikittaiset tiemerkinnot, reunapaalut ja tienpintaheijastimet, näkemät liittymissä ja linjaosuuksilla, taajamapaarit, tekstuurit tietunneleissa, vaalea päällystemateriaali, tieympäristön estetiikka, sekä teksti ja symbolit tiemerkinnotina. Läpi käydyssä kirjallisuudessa visuaalisilla keinoilla nähtiin olevan mahdollisuuksia vaikuttaa kuljettajien ajokäyttäytymiseen, ajonopeuksiin ja liikenneturvallisuuteen. Monilla keinoilla on mahdollista alentaa ajonopeuksia ja siten parantaa liikenneturvallisuutta. Toisaalta keinoja on tarkasteltava kriittisesti, sillä monet niistä saattavat nostaa nopeuksia tielinjan parantuneen optisen ohjauksen takia ja siten huonontaa liikenneturvallisuutta.

Kirjallisuusselvityksen ja arvioinnin perusteella Suomen tieverkolle parhaiten soveltuvat ja kokeiltaviksi esitettävät visuaaliset keinot ovat leveä keskialue ja poikittaiset tiemerkinnot. Merkinnot ovat edullisia toteuttaa. Leveä keskialue siirtää vastakkaiset ajoneuvovirrat kauemmaksi toisistaan ja sen on todettu alentavan ajonopeuksia 1 – 3 km/h. Suomessa leveää keskialuetta voisi käyttää haja-asutusalueen kaksikaistaisilla vilkkailla pääteillä välivaiheena ennen keskikaiteen rakentamista ja osuuksilla, joille keskikaidetta ei voida tai ei ole kannattavaa toteuttaa. Toteuttamalla noin 500 km leveää keskialuetta kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien arvioidaan vähenevän näillä tiejaksoilla noin 7 % ja henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien noin 3 %.

Poikittaisilla tiemerkinnotilla puolestaan pyritään luomaan kuljettajalle mielikuva todellista suuremmasta nopeudesta, kiihtyvistä nopeudesta tai kaapeammasta kaistasta. Poikittaisten tiemerkinnotien on todettu alentavan nopeuksia jopa 1 – 16 km/h. Suomessa koko ajokaistan levyisiä poikittaisia tiemerkinnotia kannattaisi tehdä esimerkiksi kohteisiin, joissa moottoritienmäinen väylä, jolla on korkea nopeakrajoitus, päättyy taajamaan tultaessa valo-ohjattuun liittymään tai kiertoliittymään. Vastaavasti ajokaistan reunoilla sijaitsevat poikittaiset tiemerkinnot soveltuisivat esimerkiksi maanteilla pääsuunnan liittymiin, joissa on porrastettu nopeakrajoitus tai taajamapaarttien yhteyteen.

Leena Gruzdaitytė, Riikka Rajamäki, Matti Keränen, Juha Luoma: Visuaaliset keinot vaikuttaa nopeuksiin ja liikenneturvallisuuteen (Visual treatments to reduce speed and improve traffic safety) Helsinki 2009. Finnish Road Administration, Central Administration. Finnra reports, 64 p. + app. 6 p. ISSN 1459-1553, ISBN 978-952-221-149-1, TIEH 3201115-v.

Keywords: traffic safety, speed, pavement markings, visual guidance

SUMMARY

The purpose of this study was to find visual treatments that would have an effect on speed and traffic safety and to find feasible solutions that could be tested and used in Finland. Study covered mainly road markings and other solutions based on visual guidance. Study had two phases: literature research and suitability study concerning their use in Finland.

Visual information is essential to the driver. Visual treatments found in this study both provide continuous information (longitudinal pavement markings) for the driver to adjust vehicle speed and position and on the other hand visual elements can give the driver a perception of a higher speed and thus reduce driving speed. Visual treatments could be considered as new, cost-effective solutions to improve traffic safety on rural two lane roads in Finland.

The following visual treatments were found in the literature research: traditional longitudinal pavement markings (centre and edge lines), wide central area (1 m wide marked central area between opposing traffic streams), reduced lane width, transverse pavement markings (series of lines and bars), reflector posts and in-pavement markers, intersection visibility and roadside clearing, visual patterns and textures on road tunnel walls, light colored pavement surface, aesthetics of traffic environment and text and symbols as pavement markings. In the studied literature these visual treatments were considered to have a potential effect on driving behaviour, speed and traffic safety. With many of them it is possible to reduce speed and thus improve safety. On the other hand critical consideration is needed because some of them might increase speed due to the improved visual guidance and thus they might have some negative effect on traffic safety.

Wide central area and transverse pavement markings were found to be the most potential visual treatments and they are recommended to test in Finland. Both markings are inexpensive to implement. Wide central area increases the distance between opposing traffic streams and reduces average driving speed about 1 – 3 km/h. In Finland the wide central area could be used on two lane rural roads as a first phase before implementing median barrier or on road sections where implementation of median barrier is not possible. 500 km of the wide central area marking could reduce fatal accidents about 7 % and injury accidents about 3 % on those road sections.

Transverse pavement markings are used to give drivers an illusion of a narrower lane or higher speed. Transverse pavement markings can reduce average driving speed about 1 – 16 km/h. Transverse pavement markings are commonly used in speed management to reinforce the need to reduce speed or to warn drivers of approaching conditions. In Finland full transverse lines could be used before signalized intersections or roundabouts on road sections where high speed road is entering urban area. Peripheral transverse bars could be used for example approaches to rural intersections on prioritized direction where the speed limit is lowered by the intersection.

ESIPUHE

Visuaalinen informaatio on kuljettajalle välttämätöntä ajon aikana ja sillä on huomattava merkitys ajotehtävästä suoriutumisen kannalta. Siten voidaan myös olettaa, että visuaalisiin ärsykkeisiin perustuvilla keinoilla voidaan vaikuttaa kuljettajien käyttäytymiseen, ajonopeuteen ja liikenneturvallisuuteen.

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia visuaalisten keinojen vaikutuksia ajonopeuksiin ja liikenneturvallisuuteen. Työssä keskityttiin lähinnä tiemerkeihin sekä muihin tien optisen ohjauksen keinoihin. Työn keskeisinä tavoitteina oli selvittää, miten ja millä tien optiseen ohjaukseen ja visuaalisiin ärsykkeisiin liittyvillä keinoilla voidaan vaikuttaa kuljettajien nopeuskäyttäytymiseen ja liikenneturvallisuuteen sekä missä ja mitä visuaalisia keinoja kannattaa toteuttaa Suomen tiestöllä liikenneturvallisuuden parantamiseksi tehokkaasti. Työssä pyrittiin löytämään toteutuskelpoisia keinoja kokeiltavaksi Suomen tieverkolle. Työ muodostui kahdesta osasta: kirjallisuusselvityksestä ja keinojen sovellusmahdollisuuksien arvioimisesta Suomen tieverkolla.

Työhön osallistuivat Leena Gruzdaitis ja Matti Keränen Trafix Oy:stä sekä Riikka Rajamäki ja Juha Luoma VTT:ltä. Työn tilaajana toimi Mikko Räsänen Tiehallinnon Asiantuntijapalveluista. Lisäksi työtä kommentoivat Jorma Saarelainen ja Ari Liimatainen Tiehallinnon Asiantuntijapalveluista.

Helsingissä tammikuussa 2009

Tiehallinto
Asiantuntijapalvelut

Sisältö

1	JOHDANTO	9
1.1	Työn tausta	9
1.2	Työn tavoitteet	11
1.3	Menetelmä	12
1.3.1	Kirjallisuusselvitys	12
1.3.2	Soveltuvuustarkastelu	12
2	TEOREETTINEN TAUSTA VISUAALISIIN KEINOIHIN LIITTYEN	13
2.1	Visuaalinen informaatio ja ajonopeus	13
2.2	Ajonopeuden ja turvallisuuden välinen yhteys (Nilssonin Power Model)	14
3	VISUAALISET KEINOT	16
3.1	Timerkinnät	16
3.1.1	Perinteiset reuna- ja keskiviivat	16
3.1.2	Leveä keskialue	21
3.1.3	Poikittaiset timerkinnät	29
3.2	Muut visuaaliset keinot	35
3.2.1	Reunapaalut, tienpintaheijastimet ja -valot	35
3.2.2	Näkemät liittymissä ja linjaosuuksilla	37
3.2.3	Taajamaportit	39
3.2.4	Tekstuurit tietunneleissa	40
3.2.5	Vaalea päällystemateriaali	40
3.2.6	Tieympäristön estetiikka	41
3.2.7	Teksti ja symbolit tiemerkintöinä	41
3.2.8	Täristävät merkinnät	43
4	YHTEENVETO KIRJALLISUUSSELVITYKSEN TULOKSISTA	45
4.1	Yleistä	45
4.2	Leveä keskialue	46
4.3	Poikittaiset timerkinnät	47
5	KOKEILUEHDOTUKSET, -KOhteet JA TURVALLISUUSPOTENTIAALI SUOMESSA	48
5.1	Leveä keskialue	48
5.2	Tiet, joille leveä keskialue soveltuisi	50
5.3	Poikittaiset timerkinnät	53
5.4	Liittymät, joihin poikittaiset timerkinnät soveltuisivat	56
6	LÄHDELUETTELO	59
7	LIITTEET	64

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Suistumis- ja kohtaamisonnettomuudet muodostavat huomattavan osan pääteiden vakavimmista onnettomuuksista. Vuonna 2007 niiden osuus oli noin 60 % kaikista kuolemaan johtaneista onnettomuuksista. Määrällisesti eniten henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia tapahtui yksittäisonnettomuuksien luokassa. Kohtaamisonnettomuuksissa sen sijaan kuoli eniten ihmisiä. (Tiehallinto 2008a)

Tiehallinnon liikenneturvallisuusohjelmassa (Tiehallinto 2008b) esitetyt tieverkon turvallisuusongelmien ratkaisemiseen ja liikennekuolemien vähentämiseen liittyvät tavoitteet ovat yhtenevät Tieliikenteen turvallisuus 2006 – 2010 -suunnitelman (Liikenne- ja viestintäministeriö 2005) kärkihankkeiden kanssa. Tavoitteena on:

- pääteiden kohtaamisonnettomuuksien vähentäminen
- jalankulku- ja pyöräilyonnettomuuksien vähentäminen asutuskeskuksissa
- nopeuksien hillitseminen
- päihdeonnettomuuksien vähentäminen
- ammattiliikenteen onnettomuuksien vähentäminen
- onnettomuuksien seurausten lieventäminen.

Kohtaamisonnettomuuksien vähentämiseksi Suomen tieverkolle on suunniteltu ja toteutettu keskikaiteellisia osuuksia. Keskikaiteet ovat kuitenkin melko kallis ratkaisu eikä niitä ole mahdollista toteuttaa kaikkialle tieverkolle. Siinä on tarpeen löytää myös muita edullisempia keinoja vaikuttaa pääteiden onnettomuuksiin. Visuaaliset keinot voisivat olla yksi mahdollinen ratkaisu.

Myös väestön ikääntyminen luo haasteita liikenneympäristön suunnittelulle. Ennusteiden mukaan vuonna 2030 yli 65-vuotiaiden osuus väestöstä on noin 26 % ja samalla myös iäkkäiden kuljettajien ajosuoritteiden odotetaan kasvavan. Iäkkäille tyypillisimpiä kuolemaan johtavia onnettomuuksia ovat liittymäonnettomuudet, seuraavaksi suistumis- ja kohtaamisonnettomuudet. Iäkkäiden liikenneturvallisuuteen voidaan tehokkaasti vaikuttaa liittymien suunnittelun lisäksi takaamalla päätöksentekoon ja toimintaan riittävästi aikaa esimerkiksi ajonopeuksia alentamalla. Lisäksi informaation näkyvyyden parantamiseksi on ehdotettu leveämpien tiemerkintöjen käyttöä sekä merkin- töjen parempaa hoitoa ja voimakkaampaa kontrastia. (Niinikoski 2001, Sagberg 2004, Liikenneturva 2008)

Seuraavat Tiehallinnon aiemmin julkaisemat visuaalisiin keinoihin ja kuljettajan käyttäytymiseen liittyvät tutkimukset toimivat lähtötietoina tälle työlle:

- Tievalaistuksen vaikutus liikenneturvallisuuteen ja ajonopeuksiin (Mäkelä, Kärki 2004)
- Kuljettajiin vaikuttaminen liikenneympäristön suunnittelulla: TÖI-raportin 648/2003 käännös (Sagberg 2004)
- Käyttäjää ohjaavien teiden suunnittelu: esiselvitys self-explaining road -periaatteesta ja sovelluksista Euroopassa (Somerpallo, Meriläinen 2007)
- Tiemerkintöjen vaikutus kuljettajien käyttäytymiseen: esiselvitys (Tiehallinto 2007).

Tutkimusten keskeiset tulokset ja johtopäätökset on esitelty seuraavassa.

Pimeän ajan onnettomuusriski valaisemattomilla teillä on selvästi suurempi kuin valoisassa, ja pimeän ajan onnettomuudet ovat keskimääräistä vakavampia. Henkilövahinko-onnettomuusriskin on arvioitu olevan pimeällä noin 1,5-kertainen päiväaikaan verrattuna. Erityisesti jalankulkijaonnettomuuksien osuus kasvaa pimeällä. Tievalaistuksen rakentamisen on todettu vähentävän pimeän ajan onnettomuuksia. Vakavien onnettomuuksien on todettu vähenevän keskimääräistä enemmän. Valaistuksen sammuttaminen esim. energiansäästösyistä sen sijaan lisää onnettomuuksia. Mäkelä ja Kärki (2004) totesivat ennen-jälkeen -vertailun perusteella, että Suomessa pelkän tievalaistuksen rakentamisen ansiosta henkilövahinko-onnettomuudet vähenivät tarkasteluajanjaksona noin 17 % ja kaikki onnettomuudet noin 11 %. Tievalaistuksen vaikutus pimeän ajan onnettomuuksiin oli huomattavasti suurempi. Pimeän ajan henkilövahinko-onnettomuudet vähenivät 45 – 55 % ja kaikki onnettomuudet 30 – 40 %. Lisäksi tievalaistuksen ei todettu nostaneen ajonopeuksia Suomen pääteillä, vaikka ulkomaisissa tutkimuksissa sen onkin havaittu nostavan ajonopeuksia (Ruotsissa 3,6 km/h suoralla ja 0,5 km/h kaarteissa).

Monet liikenneonnettomuudet johtuvat siitä, että kuljettaja ei havaitse liikenneympäristön antamaa informaatiota tai tulkitsee sen väärin. Tämä asettaa suuren haasteen liikenneympäristön suunnittelulle siten, että kuljettajien virheitoiminnot minimoituvat. Sagberg (2004) esittelee raportissaan laajan katsauksen kansainväliseen liikenneympäristön eri osatekijöiden vaikutusta kuljettajan liikennekäyttäytymiseen käsittelevään tutkimuskirjallisuuteen. Keskeisiä teemoja ovat tieympäristö ja ajonopeus, väärään suuntaan ajaminen, optimaaliset opastustiedot sekä tieympäristön muokkaaminen vanhempien kuljettajien edellytyksiin sopivaksi.

Self-explaining road (käyttäjää ohjaava tie) on tie, joka on suunniteltu siten, että tienkäyttäjät tietää luonnostaan, millaista käyttäytymistä häneltä tiellä liikkueensa edellytetään. Tällöin tie- ja liikenneympäristö ja kuljettajan käsitys tiellä eteen tulevista liikennetilanteista vastaavat toisiaan ja virheiden riski vähenee. "Käyttäjää ohjaava tie" -suunnitteluperiaatteeseen sisältyy ajatus teiden luokittelusta muutamaa helposti tunnistettavaan tieluokkaan siten, että suunnitteluratkaisut luokkien välillä poikkeavat toisistaan riittävästi, mutta luokan sisällä vaihtelu on vähäistä. Tällöin kuljettajalla on riittävät edellytykset tunnistaa, millaisella tiellä hän liikkuu. "Käyttäjää ohjaava tie" -periaatetta tukevia tien ominaisuuksia voivat olla mm. viitoitus, tiemerkinnot, vastakkaisten ajosuuntien erottelu, liittymätyypit, tien linkittyminen maankäyttöön sekä kulkutapojen erottelu. Periaatteen soveltaminen ei ole mahdollista vain yksittäisille teille tai osuuksille, vaan se vaatii kokonaisnäkemyksen verkosta ja tieverkon jäsentelyn toiminnallisiin luokkiin. Hollannissa, Saksassa ja Tanskassa periaatetta käytetään jo suunnittelussa, vaikka sen käytännön turvallisuusvaikutukset ovat vielä suurelta osin todentamatta. Taustalla on kuitenkin ajatus, jonka mukaan liikennejärjestelmä tulisi suunnitella ihmisen toimintakyvyn ehdoilla. Somerpalo ja Meriläinen (2007) esittivät, että Suomessa tulisi selvittää "käyttäjää ohjaava tie" -periaatetta tukevaa toiminnallista luokitusta sekä tutkia, mitkä tien, tieympäristön ja liikenteen ominaisuudet ovat periaatteen soveltamisen kannalta keskeisiä ja minkälaiset ratkaisut ovat parhaiten sovellettavissa Suomen olosuhteisiin.

Tiehallinnon (2007) julkaisemassa esiselvityksessä tarkasteltiin tiemerkintöjen käyttöön liittyviä liikennekäyttäytymis- ja turvallisuuskysymyksiä sekä pohdittiin jatkoselvitysten tarpeellisuutta ja keinojen toteutusmahdollisuuksia Suomessa. Esiselvityksessä tarkasteltiin yhdeksää tiemerkintöihin liittyvää kysymystä:

- 1 pituussuuntaisten merkintöjen poisjättäminen
- 2 pelkkien reunaviivojen merkitseminen
- 3 merkintöjen huono näkyvyys
- 4 preview aika
- 5 kaistaleveyden vaikutus
- 6 reunaviivojen leveys
- 7 leveä keskialue
- 8 ns. 2-1 -tieratkaisu, eli tielle maalataan vain yksi kaista ja kohtaamistilanteessa ajoneuvot väistävät pientareelle
- 9 huomiota herättävät tiemerkinnät.

Esiselvityksessä todettiin, että pimeässä ja huonoissa näkyvyysolosuhteissa tiemerkintöjen poistaminen alentaa nopeuksia ja siirtää ajolinjoja lähemmäksi keskilinjaa. Kuluneet merkinnät heikentävät kaistalla pysymistä pimeällä ja huonoissa näkyvyysolosuhteissa. Sen sijaan tiemerkintöjen hyvä näkyvyys nostaa nopeuksia. Preview aika on joustamaton mitta, sillä se ei ota huomioon jatkuvasti olosuhteiden mukaan muuttuvia ajotehtävän vaatimuksia ja nopeuksia. Siten Preview aika sopii parhaiten tiemerkintöjen vähimmäisnäkyvyyden määrittämiseen. Kaistaleveyden kaventamisen seurauksena kuljettajan tarkkaavaisuus kohdistuu enemmän ohjaamiseen, koettu onnettomuusriski kasvaa ja nopeudet alenevat, ellei tien kaventaminen paranna tien optista ohjausta. Reunaviivojen leventämisellä ei todettu saatavan turvallisuushyötyjä. Leveän keskialueen todettiin alentavan nopeuksia ja siirtävän ajolinjoja tien reunaa kohden. Huomiota herättävät tiemerkinnät alentavat yleensä nopeuksia ainakin aluksi.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tarkoituksena on tutkia visuaalisten keinojen vaikutuksia kuljettajan käyttäytymiseen ja sitä kautta liikenneturvallisuuteen. Kuljettajan käyttäytymisen osalta tarkastellaan sekä ajonopeuksia että ajoneuvon sivuttaissijaintia, joihin visuaaliset keinot voivat vaikuttaa. Pääpaino on kuitenkin nopeusvaikutuksissa.

Työn keskeisinä tavoitteina on selvittää:

- 1 Miten ja millä tien optiseen ohjaukseen ja visuaalisiin ärsykkeisiin liittyvillä keinoilla voidaan vaikuttaa kuljettajien nopeuskäyttäytymiseen ja liikenneturvallisuuteen.
- 2 Missä ja mitä visuaalisia keinoja kannattaa toteuttaa Suomen tiestöllä liikenneturvallisuuden parantamiseksi tehokkaasti.

Työssä pyritään löytämään konkreettisia ja toteutuskelpoisia keinoja kokeiltavaksi Suomen tieverkolle.

Työ on rajattu koskemaan lähinnä tiemerkintöjä sekä muita tien optisen ohjauksen keinoja. Siten liikennemerkkeihin, vaihtuviin opasteisiin ym. liittyvät keinot rajautuvat työn ulkopuolelle.

1.3 Menetelmä

1.3.1 Kirjallisuusselvitys

Kirjallisuustutkimuksessa etsittiin viimeisimpiä julkaisuja ja tutkimustuloksia. Pääallekkäisyyksien välttämiseksi kirjallisuushakuja tehtäessä huomioitiin Tiehallinnon viime vuosien aihepiiriin liittyvät julkaisut.

Kirjallisuushakuja tehtiin seuraavista lähteistä: Tiehallinnon ja Liikenneturvan kirjastot, Transguide, VTI:n Trax, TrisOnline, Science Direct, Compendex & Inspec. Kirjallisuushauissa käytettiin seuraavia hakusanoja: turvallisuus/ safety, nopeus/ speed, optinen ohjaus/ visual guidance, käyttäytyminen/ behaviour, tiemerkinnot/ road markings/ pavement markings, pavement markers, visual, colour, sight distance.

1.3.2 Soveltuvuustarkastelu

Kirjallisuusselvityksen perusteella lupaavalta vaikuttavan visuaalisen keinon soveltuvuutta Suomen maanteille tarkasteltiin Tiehallinnon tierekisterin (1.1.2008 tilanne) ja onnettomuusrekisterin perusteella. Lähtötietoina olivat kirjallisuudessa esitetyt tiedot näiden keinojen tielle asettamista vaatimuksista, esimerkiksi tarvittavasta tien leveydestä. Rekisteritiedoista seulottiin soveltuvia tienkohtia, tarkasteltiin näiden tienkohtien nykyistä liikenneturvallisuustilannetta ja arvioitiin alustavasti mahdollisia liikenneturvallisuusvaikutuksia.

2 TEOREETTINEN TAUSTA VISUAALISIIN KEINOIHIN LIITTYEN

2.1 Visuaalinen informaatio ja ajonopeus

Visuaalinen informaatio on kuljettajalle välttämätöntä ajon aikana ja sillä on huomattava merkitys ajotehtävästä suoriutumisen kannalta. Ajoneuvon ohjaamisen kannalta tärkein tieto liittyy ajoneuvon sijaintiin ja sivuttaissijainnin muutoksiin suhteessa ajorataan. Ensisijaisia tietolähteitä ovat ajoradan reunat ja pituussuuntaiset tiemerkinnot, jotka auttavat kuljettajaa ajolinjan sijainnin ja nopeuden arvioinnissa. Kuljettaja hankkii ja käsittelee ajoneuvon ohjaamiseen ja käsittelyyn tarvittavaa informaatiota aktiivisesti, mutta enimmäkseen tiedostamattomasti, jolloin vain uusi ja poikkeava informaatio johtaa tietoisempaan tiedon prosessointiin. Liikenneympäristön visuaalisilla ärsykkeillä voidaan perustellusti olettaa olevan merkittävä rooli myös nopeuden valinnassa ja ajosuorituksen ennakkoinnissa. (Luoma 1984, Sivak 1996, Sagberg 2004)

Nopeuden aistimisen perustana on suhteellisen liikkeen aistiminen. Tien ollessa kapea tien varren kohteet ovat lähempänä ja tällöin kohteiden suhteellinen liike näkökentässä nopeutuu, minkä oletetaan vaikuttavan nopeusvaikutelmaan. Vaikka perspektiivin muutosten merkitystä ajonopeuden hahmotamiseen ei ole tutkittu systemaattisesti, on viitteitä, että esimerkiksi tien varrella sijaitsevat pylväät voivat saada nopeuden tuntumaan suuremmalta ja vaikuttavat siten ajonopeuden alenemiseen. (Sagberg 2004)

Nopeuden ja kuljettajalle informaation käsittelystä aiheutuvan kuormituksen välillä voidaan todeta olevan selkeä yhteys. Nopeuden sovittaminen näyttäisi toimivan kuljettajan kuormituksen säätömekanismina. Kun kuormitus kasvaa hyväksytyksi koettua korkeammaksi, kuljettaja yrittää pienentää kuormitustaan siten, että ajaminen olisi helpompaa. Kuljettajan käyttäytymismuutosten ei arvioida ensisijaisesti perustuvan riskin kokemiseen vaan pikemminkin ajamisen vaikeusasteeseen. Siten kuljettajan kuormitus on yksi niistä vaikutusmekanismeista, jolla tietyt liikenneympäristön osat saattavat vaikuttavaa nopeuteen. (Sagberg 2004)

Nopeusrajoitukset ohjaavat voimakkaasti ajonopeuden valintaa. Mikäli tien yleinen standardi on korkea, voidaan olettaa, että tieympäristöllä on suhteellisen vähän merkitystä ajonopeuteen ja että kuljettajat valitsevat tällöin nopeuden ensisijaisesti nopeusrajoituksen perusteella. Sen sijaan teillä, joiden nopeusrajoitus on suhteellisen korkea verrattuna tien standardiin, tieympäristön voidaan ajatella ohjaavan nopeuden valintaa nopeusrajoituksen asemasta. Kuljettajien on yleisesti todettu aliarvioivan oman ajonopeutensa. Eli kuljettajat, jotka eivät tarkkaile nopeutta nopeusmittarista, ajavat usein suuremmalla nopeudella kuin luulevat. Jos liikenneympäristössä olevat visuaaliset kiinnkohdat vaikuttavat nopeusvaikutelmaan, niiden voidaan olettaa vaikuttavan nopeuden aliarvioinnin määrään ja siten myös nopeuden aliarviointiin voitavan vaikuttaa visuaalisilla keinoilla. (Sagberg 2004)

Pimeään ajan ajoon liittyen voidaan erottaa kaksi näköön perustuvaa toimintatapaa: focal ja ambient vision. Termeille ei varsinaisesti ole vakiintuneita suomennoksia, mutta tässä yhteydessä voitaneen puhua keskeisnäöstä (focal vision) ja näkymänäöstä (ambient vision). Keskeisnäkö liittyy objektien tunnistamiseen ja vastaa kysymykseen "mitä". Lisäksi se perustuu enimmäkseen silmän tarkan näköalueen kautta tuleviin ärsykkeisiin. Keskeisnäkö on tärkeä mm. vastaantulevan liikenteen, jalankulkijoiden ja pysähtyneiden ajoneuvojen havaitsemisessa. Se kuitenkin heikkenee merkittävästi pimeässä.

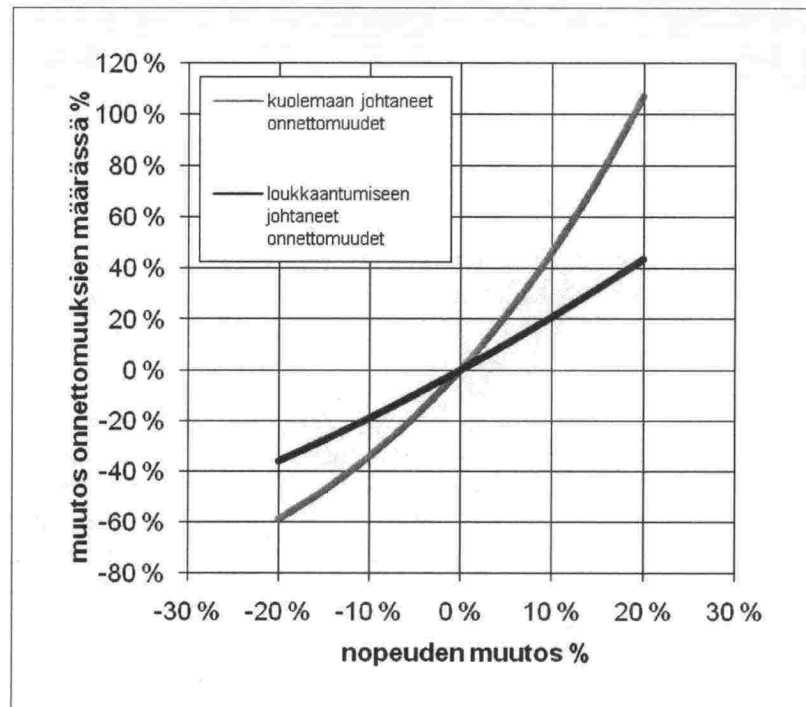
Näkymänäkö puolestaan liittyy avaruudelliseen hahmotuskykyyn ja vastaa kysymykseen "missä". Lisäksi se toimii enimmäkseen ääreisnäön varassa. Ajoneuvon liikkeen ja sijainnin aistiminen sekä ohjaaminen perustuvat enimmäkseen näkymänäköön. Koska näkymänäkö perustuu pääsääntöisesti ääreisnäköön, hämärä ja pimeys vaikuttavat siihen suhteellisen vähän. Tämä on havaittavissa siinä, etteivät ajonopeudet pimeällä useinkaan ole oleellisesti pienempiä kuin valoisalla, vaikka samalla kuljettajan kyky tunnistaa potentiaalisia vaaratilanteita on selvästi heikentynyt. Tiemerkinnot (etenkin pituussuuntaiset reuna- ja keskiviivat) vaikuttavat lähinnä näkymänäön kautta ja auttavat siten kuljettajaa hahmottamaan, missä tielinja kulkee. (Leibowitz 1982, Owens 1989, Kallberg 1993)

Visuaalisilla keinoilla pyritään toisaalta tuottamaan kuljettajalle jatkuvaa tietoa ajoneuvon ohjaamisen tueksi (reuna- ja keskiviivat) sekä toisaalta voimakkailla visuaalisilla ärsykkeillä luomaan kuljettajalle mielikuva todellista suuremmasta nopeudesta ja sen alentamistarpeesta.

2.2 Ajonopeuden ja turvallisuuden välinen yhteys (Nilssonin Power Model)

Nilsson (2000) esitteli mallin ajonopeuden ja turvallisuuden välisestä yhteydestä. Nopeustason alenemisen on havaittu parantavan liikenneturvallisuutta merkittävästi. Nopeudella on vahva yhteys erityisesti seurauksiltaan vakaviin onnettomuuksiin. Nilssonin malli on esitetty kuvassa 1. Mallin mukaan keskinopeuden muutoksella on suurempi vaikutus kuolemaan johtaneisiin onnettomuuksiin kuin kaikkiin henkilövahinkoon johtaneisiin onnettomuuksiin. Kuolemaan johtaneet onnettomuudet muuttuvat suhteessa nopeuksien suhteen neljanteen potenssiin, kuolemaan tai vakavaan loukkaantumiseen johtaneet onnettomuudet suhteessa nopeuksien suhteen kolmanteen potenssiin ja kaikki henkilövahinko-onnettomuudet suhteessa nopeuksien suhteen toiseen potenssiin.

Mallin avulla voidaan arvioida liikenneturvallisuusvaikutuksia suhteessa keskinopeuden muutokseen. Lisäksi se osoittaa havainnollisesti, kuinka pieniläkin keskinopeuden muutoksilla voidaan saavuttaa huomattavia turvallisuushyötyjä. Esimerkiksi keskinopeuden aleneminen 1 km/h (80 km/h -> 79 km/h) johtaa noin 5 % kuolemaan johtaneen ja noin 2 % loukkaantumiseen johtaneen onnettomuuden vähenemiseen. Vastaavasti keskinopeuden aleneminen 5 km/h (85 km/h -> 80 km/h) johtaa noin 22 % kuolemaan johtaneen ja noin 11 loukkaantumiseen johtaneen onnettomuuden vähenemiseen.



Kuva 1 Keskinopeuden muutoksen vaikutus onnettomuusmääriin (Nilsson 2000).

3 VISUAALISET KEINOT

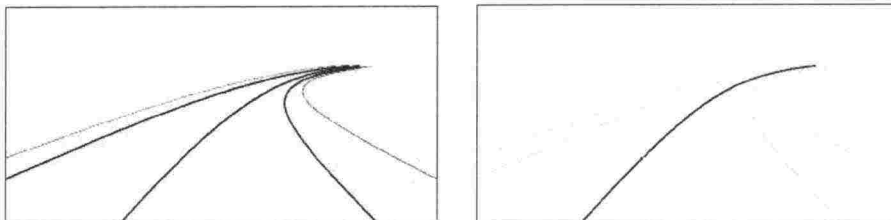
3.1 Tiemerinnät

3.1.1 Perinteiset reuna- ja keskiviivat

Pituussuuntaisten tiemeraintöjen tarkoituksena on antaa visuaalista tietoa ajoneuvon sivuttaissijainnista kaistalla. Sekä reuna- että keskiviivojen merkitsemisen voidaan ajatella vähentävän kuljettajan kuormitusta verrattuna tilanteeseen, jossa tiellä ei ole lankaan tiemeraintöjä. (Sagberg 2004)

Tsyganovin ym. (2006) mukaan reunaviivat kaksikaistaisilla maanteilla saattavat vähentää onnettomuuksia ja niiden suurin turvallisuusvaikutus on kapeilla teillä kaarteissa. Reunaviivan olemassaololla näyttäisi olevan myönteisiä turvallisuusvaikutuksia etenkin pimeään aikaan, mikä saattaa liittyä kuljettajan parempaan ajolinjan ja mahdollisesti myös nopeuden hahmottamiseen. Reunaviivat tuottavat jatkuvaa tietoa kuljettajalle ajoneuvon sijainnista ja auttavat kuljettajaa mm. tien kaarteisuuden arvioinnissa.

Pimeään aikaan suurella nopeudella ajettaessa pitkittäissuuntaisilla tiemeraintöillä on tärkeämpi rooli kuin tieympäristön muilla elementeillä, koska tiemeraintöet ovat jatkuvia ja sijoittuvat lähelle kuljettajan näkökentän keskiosaa. Lisäksi Tsyganov ym. esittivät, että pituussuuntaiset meraintöet muodostavat tien ns. perussuuntalinjoja. Useamman perussuuntalinjan (keskiviiva + reunaviivat vrt. pelkkä keskiviiva, kuva 2) todettiin parantavan tien optista ohjausta ja kuljettajan käsitystä tien kaarteisuudesta.



Kuva 2 Useammat tien pituussuuntaiset meraintöet muodostavat paremman optisen ohjauksen (Tsyganov ym. 2006).

Tsyganov ym. (2006) tutkivat reunaviivojen vaikutusta kuljettajien käyttäytymiseen kaksikaistaisilla maanteilla. Tutkimus koostui nopeus- ja sivuttaissijaintimittauksista kolmessa kohteessa ennen ja jälkeen reunaviivojen merkitsemisen, koeajoista kokeilukohteissa sekä laboratoriokokeesta, jossa selvitettiin reunaviivan vaikutusta kuljettajien käsitykseen tien kaarteisuudesta ja liittymien havaittavuudesta. Sekä kenttämittaukset että koeajot osoittivat nopeuksien lievää kasvua reunaviivojen merkitsemisen jälkeen. Nopeuden kasvu oli keskimäärin 9 % sekä suoralla että kaarteissa.

Sivuttaissijaintimittaukset eivät osoittaneet kapeimmilla teillä (kaistan leveys 2,7 m) merkittävää muutosta ajolinjassa missään valaistusolosuhteissa. Leveämmillä teillä (kaistan leveydet 3,0 ja 3,35 m) ajolinjat siirtyivät kohti päällysteen reunaa sekä valoisalla että pimeässä. Mittauksissa havaittu siirtymä oli noin 46 cm tien reunaa kohti. Sivuttaissijainnin vaihtelu väheni 20 % suoralla osuudella yöllä ja päivällä sekä kaarteissa yöllä, minkä arveltiin osoit-

tavan kuljettajan parempaa ajoneuvon hallintaa ja siten ennakoivan suistumisonnettomuuksien vähenemistä.

Reunaviivojen merkitsemisen jälkeen ajon havaittiin olevan vähemmän kuljettajaa kuormittavaa (syke) sekä yksin että kohtaamistilanteissa etenkin öiseen aikaan, jolloin havaittiin suurimmat muutokset. Reunaviivojen merkitsemisen havaittiin parantavan kuljettajan käsitystä tielinjan kulusta etenkin kaarteissa. Lisäksi reunaviivojen arvioitiin parantavan liittymien havaitsemista (reunaviiva puuttuu tai on merkitty katkoviivalla sivutien kohdalla), jolloin kuljettajalle jää enemmän aikaa havaita edessä oleva liittymä ja varautua reagoimaan tilanteiden vaatimalla tavalla. Todellisuudessa tämä vaikutus lienee kuitenkin vähäinen.

Rajamäki ja Räsänen (2007) esittelivät muistiossaan vertailun kahdesta reunaviivoja käsitelleestä tutkimuksesta. Tarkasteltavat tutkimukset käsitelivät toisaalta tiemerkintöjen vaikutusta turvallisuuteen ja toisaalta reunaviivan olemassa olon vaikutusta turvallisuuteen. Tulosten ei havaittu olevan ristiriidassa keskenään. Bahirin (2006) mukaan tiemerkinnän paluuheijastuvuudella ei ole turvallisuuden kannalta merkitystä, vain merkinnän olemassaolo on tärkeää. Tsyganovin (2005) tutkimustulos tukee edellistä, sillä reunaviivalliset tiet ovat ilmeisesti turvallisempia.

Reunaviivojen todettiin mahdollisesti vähentävän erityisesti ylinopeuksiin liittyviä onnettomuuksia. Toisaalta tiemerkintöjen paluuheijastuvuuden ei arvioitu vaikuttavan turvallisuuteen (tarkastelu koski valoisian ajan ulkopuolella tapahtuneita onnettomuuksia). Tutkimuksessa todettiin kuljettajien pitävän kirkkaista tiemerkinnöistä. Niiden ei kuitenkaan oletettu välttämättä parantavan turvallisuutta, mikä saattaa johtua siitä, että kirkkaat merkinnät saavat kuljettajat ajamaan liian itsevarmasti tai suurella nopeudella suhteessa tiegeometriaan. Tutkimuksessa todettiin, että tiemerkintöjen olemassaolo on turvallisuuden kannalta tärkeää, muttei niinkään merkintöjen paluuheijastuvuuden arvo.

van Driel, Davidse ja van Maarseveen (2004) tarkastelivat meta-analyysissään reunaviivojen vaikutusta nopeuteen ja sivuttaissijaintiin. Analyysi kattoi kaikkiaan 41 nopeuteen ja 65 sivuttaissijaintiin liittyvää tutkimusta. Tutkimusten tulokset vaihtelivat suuresti. Aineisto oli selvästi jakautunut kahtia (hollantilaiset ja amerikkalaiset). Hollantilaiset tutkimustulokset olivat suhteellisen tuoreita ja aineistot oli useimmiten kerätty ajosimulaattorissa. Tarkastellut tiet olivat tyypillisesti kapeita ja useimmiten tutkimuksissa keskiviiva oli korvattu reunaviivoilla tai reunaviivat oli lisätty, kun muita merkintöjä ei ollut. Amerikkalaiset tutkimustulokset sen sijaan olivat vanhempia ja perinteisiä ennen-jälkeen -vertailuja. Niissä reunaviivat oli lisätty useimmiten leveälle tielle, jolla oli keskiviiva.

Meta-analyysin perusteella keskeinen ajoneuvon nopeuteen ja sivuttaissijaintiin vaikuttava tekijä oli keskiviivan olemassa olo. Yleisesti ottaen reunaviivojen lisääminen keskiviivattomalle tielle nosti ajonopeuksia, mutta keskiviivan korvaaminen reunaviivoilla sen sijaan alensi nopeuksia. Reunapaaluilla, pientareen leveydellä ja päällysteen leveydellä havaittiin olevan suurin vaikutus sivuttaissijainnin muutoksiin.

Hollantilaiset tutkimukset osoittivat, että suhteellisen kapeilla teillä (4 – 5 m) avoimessa peltomaisemassa ajoneuvon sijainti oli lähempänä tien keskilin-

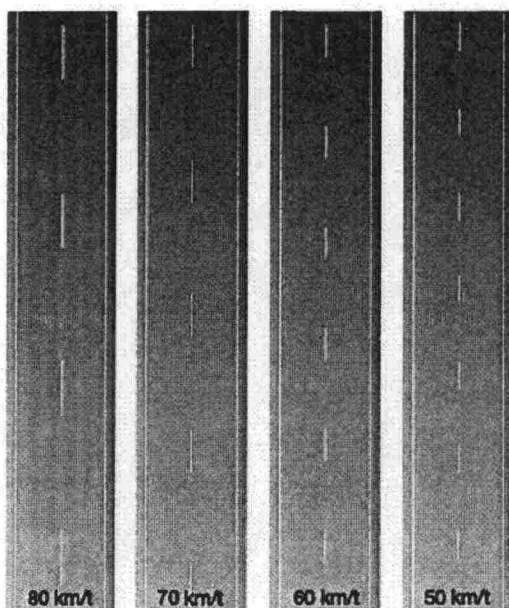
jaa ja vastaavasti lähempänä tien reunaa, kun tie oli leveämpi ja kun sen ympäristössä oli rakennuksia ja puita. Hollantilaisissa tutkimuksissa reunaviivan lisääminen tielle, jolla oli keskiviiva ja kohtalaisen leveät pientareet (50 cm), vähensi nopeuksien vaihtelua. Vastaavasti kun reunaviiva lisättiin tielle, jolla ei ollut keskiviivaa ja jolla oli kohtalaisen kapeat pientareet (10 – 30 cm), sekä nopeuserot että nopeudet kasvoivat.

Amerikkalaisten kokemusten mukaan suoralla tiejaksolla, jolla reunaviivat erottivat suhteellisen leveän pientareen (> 2 m), sivuttaissijainti oli lähempänä tien reunaa ja vastaavasti kuljettajat ajoivat lähempänä tien keskiliinjaa, kun reunaviiva erotti hyvin kapean (0,1 – 1,0 m) pientareen kaarteessa. Meta-analyysissä reunaviivan ominaisuuksilla (yhtenäinen/katkoviiva, leveys tai väri) ei havaittu olevan merkitystä. Tulosten perusteella ei kuitenkaan voitu tehdä päätelmiä reunaviivojen pitkäaikaisista vaikutuksista. Tarkastelutilanteet, joissa tiellä ei ollut keskiviivaa, liittyivät kapeisiin poikkileikkauksiin eikä siten tulosten perusteella voitu arvioida reunaviivojen vaikutuksia nopeuksiin ja sivuttaissijaintiin leveillä teillä, joilla ei ole keskiviivaa.

Herrstedt (2005) esitti, että keskiviivan katkoviivojen pituutta ja välimatkaa muuttamalla voidaan muokata kullekin nopeusrajoitukselle sopiva keskiliinjan merkintä. Tarkoituksena on vaikuttaa nopeuteen muuttamalla tiheyttä, jolla viivat tulevat kuljettajan näkökenttään. Samaa periaatetta voidaan käyttää myös reunaviivoissa kapeilla teillä, joilla ei merkitä keskiviivaa. Suositellut keskiliinjan viivojen pituudet ja välit (suhde 1:2) ovat nopeusrajoituksesta riippuen seuraavat (kuva 3):

80 km/h:	5 m – 10 m – 5 m
70 km/h:	4 m – 8 m – 4 m
60 km/h:	3 m – 6 m – 3 m
50 km/h:	2,5 m – 5 m – 2,5 m

Suomessa nopeusrajoituksen ollessa yli 50 km/h käytetään katkoviivaa, jossa viivan pituus on 3 m ja väli 9 m. (Tiehallinto 2004)



Kuva 3 Keskiviivan merkitseminen (katkoviivan pituus ja väli) eri nopeustasoilla (Herrstedt 2005).

Sagbergin ym. (1999) mukaan leveiden reunaviivojen on ajateltu parantavan optista ohjausta ja sitä kautta ajoneuvon hallintaa, mikä mahdollisesti vähentäisi suistumisonnettomuuksia. Selvityksen mukaan sellaista vaikutusta ei ole kuitenkaan pystytty osoittamaan. Toisaalta leveiden reunaviivojen vaarana saattaa olla ajonopeuksien kohoaminen.

Tiehallinnon (2007) esiselvityksessä todettiin seuraavasti tavallista (10 cm) leveämpien reuna- ja keskiviivojen vaikutuksista:

- ajolinjat siirtyvät kauemmaksi viivasta erityisesti yöllä, koska leveämpi viiva on voimakkaampi ärsyke
- ne eivät välttämättä pidennä havaintoetäisyyttä
- kuljettajat pitävät niitä tehokkaampina.

Lisäksi viivan leveyden kaventamisen todettiin vaikuttavan kaistalla pysymiseen vain, jos viivan kontrasti on huono. Kuluneet tiemerkinnot heikentävät kaistalla pysymistä erityisesti pimeässä ja huonoissa näkyvyysolosuhteissa. Turvallisuuden kannalta tärkeintä on se, että viivat ovat olemassa ja niiden kuntoarvo on riittävän hyvä. Sen sijaan tiemerkinnot liian hyvä näkyvyys (suuri paluuheijastuvuus) nostaa ajonopeuksia. Tiemerkinnot näkyvyyden parantaminen saattaa vähentää iäkkäiden kuljettajien pimeän ajan onnettomuuksia, mutta tästä ei ole näyttöä. (Tiehallinto 2007)

Reuna- ja keskiviivojen poistaminen alentaa nopeuksia pimeässä ja huonoissa näkyvyysolosuhteissa, siirtää ajolinjoja lähemmäksi keskilinjaa ja lisää ajolinjojen hajontaa sekä lisää ajotehtävän kuormittavuutta. Katkonaisien reunaviivojen todettiin auttavan kaistalla pysymistä verrattuna tilanteeseen, jossa tiellä ei ole lainkaan reunaviivaa, mutta ne osoittavat tien linjauksen huonommin kuin yhtenäinen viiva, jolloin nopeudet eivät mahdollisesti nouse yhtä paljon. Pelkästään reunaviivallista tietä voitaneen pitää optiselta ohjaukseltaan keskimmäisenä tiemerkinnotluokkana kaikkien tiemerkinnotien ja tiemerkitsemien teiden välissä. (Tiehallinto 2007)

Hawkins Jr, Parham ja Womack (2002) selvittivät yksivärijärjestelmään, jossa tien keskiviivat tehdään valkoisella värillä, siirtymistä Yhdysvalloissa. Keltaisista merkinnöistä luopumista on Yhdysvalloissa aiemmin perusteltu seuraavin syin: kuljettajilla ei ole synnynnäistä ymmärrystä keltaisten merkintöjen merkityksestä, valkoisella merkinnällä on paremmat paluuheijastuvuusominaisuudet kuin keltaisella erityisesti märkinä, lähes kaikissa Euroopan valtioissa on käytössä yksivärijärjestelmä, keltaista väriä on vaikea tunnistaa keltaiseksi pimeässä, valkoiset merkinnät ovat edullisemmat toteuttaa ja yhden värin käyttö vähentää muutenkin kustannuksia. Merkintöjen ymmärrettävyyttä tutkittiin kuljettajia haastatteleamalla.

Tien yksi- tai kaksisuuntaisuuden tunnistamiseen kuljettajat käyttävät apuna ensisijaisesti liikennemerkkejä ja muuta liikennettä, ei keltaista keskiviivaa. Kuljettajat ymmärsivät hyvin katkoviivan (75 %), sulkuviivan ja katkoviivan (85 %) sekä kaksoissulkuviivan (yli 90 %) merkityksen. Sen sijaan haastattelun yhteydessä esitettyjä valkoisia merkintöjä he eivät ymmärtäneet yhtä hyvin, mutta kaistojen suuntanuolet paransivat ymmärrettävyyttä kaksisuuntaisten teiden osalta.

Merkintöjen näkyvyyden osalta selvityksessä todettiin, että keltaisten merkintöjen paluuheijastuvuus on noin 65 % vastaavan valkoisen merkinnän arvosta. Sen sijaan päivällä valkoisen merkinnän kontrasti ja näkyvyys on hei-

kompi betonipäälysteellä ja kuluneella asfaltilla keltaiseen merkintään verrattuna. Näiden tekijöiden lisäksi selvityksessä tarkasteltiin yksivärijärjestelmään siirtymistä myös tiedotuksen ja kuljettajakoulutuksen, kansainvälisen yhdenmukaisuuden, kustannusten, turvallisuuden, materiaali- ja ympäristökysymysten sekä toteutuksen näkökulmasta. Selvityksen perusteella yksivärijärjestelmään siirtymistä ei suositeltu.

Räsänen, Luoma, Unhola ja Kallberg (2003) selvittivät sulkuviivan värin vaikutusta liikenneturvallisuuteen. Selvityksessä arvioitiin, miten tien sulkuviivojen nykyisen keltaisen värin vaihtaminen valkoiseksi vaikuttaisi liikenneturvallisuuteen. Värikoodatut kohteet on todettu havaittavan yleensä nopeasti ja helposti, koska väri-informaation käsittely on pitkälle automatisoitunut. Lisäksi silmän herkkyyys havaita keltaisen värin aallonpituuksia on suurempi kuin valkoisen, jolloin kuljettaja saattaa erottaa keltaisen sulkuviivan valkoisten merkintöjen joukosta helpommin ja varmemmin. On toisaalta tekijöitä, jotka kyseenalaistavat värikoodien käytön hyödyt.

Käytännön sovelluksissa informaatio ei useinkaan perustu pelkästään värierotteluun, vaan informaatio on varmistettavissa muutenkin (esimerkiksi liikennevaloissa valo-opasteet ovat aina samassa järjestyksessä). Merkintöjen havaitsemisen kannalta tärkeitä tekijöitä todettiin olevan tienpinnan ja merkinnän välinen kontrasti tai pimeällä merkinnän paluuheijastuvuus. Merkinnän paluuheijastuvuusominaisuudet ovat tunnistusetaisyyden kannalta tärkeämpiä kuin väri.

Suomessa tehdyissä mittauksissa valkoisen merkinnän paluuheijastuvuuden havaittiin olevan parempi kuin keltaisen merkinnän tien pinnan ollessa kuiva. Sen sijaan märkinä merkintöjen paluuheijastuvuus oli väristä riippumatta vähäinen. Toisaalta merkintöjen peittyessä loskaan ja lumeen niiden paluuheijastuvuudella ei ole juurikaan merkitystä. Keltaisen viivan voi kuitenkin erottaa lähietäisyydellä paremmin lumen ja jään alta kuin valkoisen. Kaukaa katsottuna pienten väripintojen värejä on kuitenkin vaikea erottaa toisistaan. Siten tiemerkkintöjen havaitsemisen osalta muutoksen vaikutusten arvioitiin jäävän vähäisiksi, sillä sekä keltainen että valkoinen erottuvat käytännössä lähes yhtä hyvin tummasta päälysteestä ja pimeällä ajettaessa valkoinen jopa hieman paremmin.

Sulkuviivojen osalta havaitsemisen lisäksi tärkeää on sulkuviivan merkityksen tulkinta ja merkinnän noudattaminen. Värikoodi on tehokas tunnistin ja kuljettajat ovat oppineet, että keltainen sulkuviiva tarkoittaa ohituskieltoa. Siirtyminen valkoisen sulkuviivan käyttöön saattaa lisätä viivan ylityksiä, sillä valkoista viivaa ei pidetä niin ehdottomana viivan ylityksen kieltona kuin keltaista. Vaikutus jäänee lyhytaikaiseksi, mikäli tienkäyttäjille tiedotetaan tehokkaasti muutoksesta. Koska keltainen väri Suomessa yhdistetään juuri ohituskieltoon eikä niinkään vastakkaisen suunnan erottamiseen, on olemassa vaara väärin ymmärrykselle. Selvityksessä yksivärijärjestelmään siirtymiselle ei nähty liikenneturvallisuuden kannalta esteitä. Tosin tiedotuksella todettiin olevan keskeinen merkitys merkintämuutoksen onnistumisessa.

Värien käyttöä ei yleisesti ottaen pidetty suositeltavana, sillä pimeässä värejä on vaikea erottaa ja liikenteessä väreihin liittyvät säännöt (sulkuviiva vastakkaisen ajosuuntien välissä on keltainen) ovat pitkälle opittuja.

3.1.2 Leveä keskialue

Teiden ja kaistojen kaventamisen on todettu alentavan ajonopeuksia. Yagar ja van Aerde (1983) esittivät, että ajokaistan kaventaminen alentaishi ajonopeuksia noin 6 km/h jokaista kavennettua metriä kohden. Kaistan kaventamisella arvioitiin olevan suurempi vaikutus kaistan ollessa suhteellisen kapea (3,3 m) verrattuna leveään kaistaan (3,8 m). Kapean kaistan aiheuttaman ajonopeuden alenemisen on esitetty liittyvän kuljettajan kokeman onnettomuusriskin suuruuteen tai pikemminkin ajotehtävän aiheuttamaan kuormitukseen. Suurempi ajonopeus vaatii kuljettajalta enemmän ponnisteluja ajoneuvon pitämiseksi kaistalla. Myös riski kaistaviivojen ylittämiseen kasvaa. Kuljettaja pyrkii säilyttämään kuormituksen hyväksyttävällä tasolla. Jos kuormitus on liian suuri, kuljettaja pyrkii käyttäytymistään muuttamalla (esimerkiksi alentamalla nopeuttaan) vähentämään kuormitusta hyväksyttävälle tasolle. Kapeiden teiden onnettomuusriskin on havaittu usein olevan kuitenkin korkea verrattuna leveämpiin teihin.

Godley, Triggs ja Fields (2004) esittivät, että kaistojen visuaalisella kaventamisella voitaisiin alentaa nopeuksia ilman kapeiden teiden korkeaa onnettomuusriskiä. Kaistojen visuaalinen kaventaminen voidaan tehdä joko leven-tämällä reuna- ja keskiviivoja tai leven-tämällä keskiviivaa ja siirtämällä reu-naviivoja samalla kauemmaksi tien reunasta. Edellä esitettyjen teorioiden (koettu onnettomuusriski ja kuljettajan kuormitus) mukaan myös kaistojen visuaalinen kaventaminen johtaisi ajonopeuksien alenemiseen. Aiemmissa tutkimuksissa tulokset visuaalisten kavennusten tehokkuudesta ajonopeuk-sien alentajina eivät ole olleet kovin selkeitä. Ilmeisesti kavennuksen on ol-tava riittävän suuri ja toisaalta nopeustason korkea, jotta ratkaisun vaikutuk-set olisivat havaittavissa.

Leveän keskiviivan/keskialueen tehoa on perusteltu seuraavasti:

- 1 Leveä merkintä useimmiten kaventaa ajokaistaa muutenkin kuin visuaa-lisesti.
- 2 Merkin-nän kuviointi tuottaa ääreisnäkökenttään voimakkaan ärsykkeen.
- 3 Erilaisilla ääntä tai tärinää aiheuttavilla merkinnoilla (tärinäviivat ja erilai-set sirotepinnoitteet) voidaan tehostaa levennyksen estevaikutusta.

Leveä keskialue siirtää vastakkaissuuntaiset ajoneuvovirrat kauemmaksi toi-sistaan ja kasvattaa siten turvallisuusmarginaalia vastakkaisten ajosuuntien välillä, minkä on arveltu jopa paikoitellen nostavan nopeuksia kuljettajan ko-keman kohtaamisonnettomuusriskin vähenemisen takia.

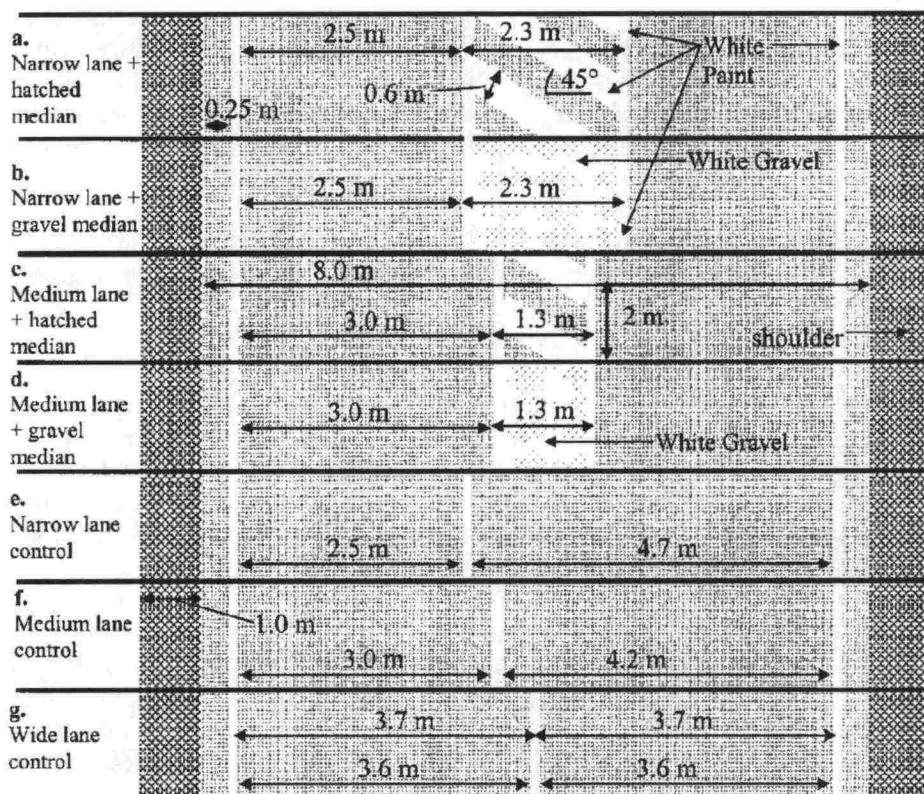
Voimakkaasti kuvioidun, leveän keskialueen on arveltu vaikuttavan kuljetta-jan kokemaan nopeuteen juuri ääreisnäön kautta. Ajosimulaattoritutkimuk-sissa on havaittu, että kuljettajan ääreisnäössään havaitsemat voimakkaasti kuvioidut tai lähellä sijaitsevat objektit vaikuttavat nopeuden aistimiseen ja johtavan arvioon todellisuutta korkeammasta nopeustasosta, mikä saattaa taas mahdollisesti johtaa ajonopeuden alentamiseen.

Godley, Triggs ja Fields (2004) tutkivat ajosimulaattorissa kaksikaistaisen maantien (nopeusrajoitus 100 km/h) kaistaleveyden (3,6 m, 3,0 m ja 2,5 m) ja keskialueen merkin-nän vaikutusta ajonopeuksiin (kuva 4). Tutkimus osoi-ti, että ajonopeudet alenivat eniten kapeimmalla kaistaleveydellä ja leveim-mällä kuvioidulla keskialueella. Kavennettu kaista lisää ohjaamisesta aiheu-tuvaa kuormitusta, minkä johdosta koehenkilöiden havaittiin alentavan ajo-

nopeuttaan. Lisäksi leveä kuvioitu keskialue lisäsi ääreisnäön visuaalista ärsytystä, minkä johdosta nopeus tuntui korkeammalta kuin se todellisuudessa oli, ja siten johti ajonopeuden alenemiseen.

Kaistaleveyden kaventaminen 3,0 metristä 2,5 metriin alensi ajonopeuksia noin 2,2 km/h. Samaa ei kuitenkaan havaittu kaistaleveyttä kavennettaessa 3,6 metristä 3,0 metriin. Suurin ajonopeuden aleneminen (5,2 km/h) havaittiin 2,5 m leveillä kaistoilla ja leveällä kuvioidulla keskialueella verrattuna 3,0 m leveisiin kaistoihin ja perinteiseen keskiviivaan (katkoviiva). Kapealla kaistalla ajettaessa koehenkilöiden kuormituksen havaittiin kasvaneen ja he keskittyivät paremmin ohjaustehtävään.

Tutkimustulosten perusteella tien visuaalisen kaventamisen todettiin olevan lähes yhtä tehokas tapa alentaa ajonopeuksia kuin tien poikkileikkauksen todellinen kaventaminen. Visuaalisesti kavennetuilla kaistoilla kuljettajat saattavat kokea onnettomuusriskin suuremmaksi, sillä reunaviivat näyttäisivät sijaitsevan lähempänä. Toisaalta leveä keskialue lisää turvallisuusmarginaalia vastakkaisten liikennevirtojen välillä. Tutkimuksessa kuitenkin huomautettiin, että kaistan tulisi olla riittävän kapea (2,5 m tai alle 3,0 m), jotta nopeuden muutos olisi havaittavissa. Kuvioidun alueen leveydeksi suositeltiin 2,3 metriä.



Kuva 4 Tutkitut ratkaisut (Godley, Triggs, Fides 2004).

Hollantilaisessa tutkimuksessa (van der Horst 1996) selvitettiin kahden kapean ajokaistaleveyden (2,75 m ja 2,25 m) ja kolmen reuna- ja keskiviivaratkaisun (jatkuva profiloitu merkintä, tärinäviivoitus 5 ja 10 m välein) vaikutusta kuljettajan käyttäytymiseen sekä ajosimulaattorissa että kenttäkokeissa (no-

peusrajoitus 80 km/h). Tulokset osoittivat, että kapein ajokaistaleveys (2,25 m + 0,70 m leveä reunaviiva) saa aikaan suurimman nopeuden alenemisen. Kavennettu ajokaista näyttäisi alentavan nopeutta etenkin silloin, kun kuljettajalla on kiire. Tämä käytännössä vähentää nopeuksien hajontaa. Kapealla kaistalla kuljettajien oletettiin keskittyvän ajoneuvon ohjaamiseen parhaiten.

Kenttäkokeissa testattiin merkintää (kuva 5), jossa tien reunassa oli 4 m pitkä ja 0,7 m leveä sirotealue 4 m välein, kaistaleveys 2,25 m ja keskiviivana 0,3 m leveä sirotepinta tiemerkinnoin. Reunassa ei ollut reunaviivaa eikä suorilla osuuksilla käytetty reunapaaluja. Merkinnät tuottivat ääntä ja tärinää yliajettaessa. Lisäksi merkintä oli edullinen toteuttaa.

Vuoden kuluttua merkitsemisestä keskinopeus oli 2,1 km/h alhaisempi kuin vertailukohteessa ja kahden vuoden jälkeen edelleen 1,7 km/h alhaisempi. 30 cm leveä keskiviiva siirsi ajolinjoja vain 10 cm reunaa kohden verrattuna 10 cm leveään perinteiseen keskiviivamerkintään. Lisäksi yli kahden vuoden onnettomuusaineisto osoitti poliisin tietoon tulleiden onnettomuuksien vähentyneen 20 % (vertailukohteessa onnettomuusmäärä kasvoi 8 %) ja henkilövahinko-onnettomuuksien vähentyneen 36 % (vertailukohteessa henkilövahinko-onnettomuuksien määrä kasvoi 17 %).



Kuva 5 Hollantilainen ratkaisu (van der Horst 1996).

Herrstedtin (2005) tutkimuksessa kaksi hieman erilaista leveää keskialueen ratkaisua (kuvat 6 ja 7) toteutettiin osuudelle, jolla KVL oli noin 10 000 ajon./vrk ja raskaan liikenteen osuus noin 9 – 14 %. Osuuksien pituudet olivat 2,3 km ja 2,5 km. Keskialueen leveys oli 1 m, vihreiden poikittaisten urien etäisyys 0,6 m ja katkoviivajako 5 m – 10 m – 5 m. Tietävästi kaistaleveyttä ei kavennettu kokeiluosuuksilla. Merkintä oli tärisevä ja osuudella ohittami-

nen oli sallittu. Merkin­nän tarkoituksena oli vähentää kohtaamisonnettomuuksia edullisesti. Mittaukset osoittivat keskinopeuden ja v_{85} -nopeuden alentuneen merkin­nän jälkeen 1 – 2 km/h. Haastatelluista kuljettajista suurin osa piti merkintää A (kuva 6) parempana. 80 % haastatelluista kuljettajista ymmärsi ohittamisen olevan sallittua osuudella, mutta 20 % vastasi, etteivät he lähtisi ohittamaan ko. osuudella.



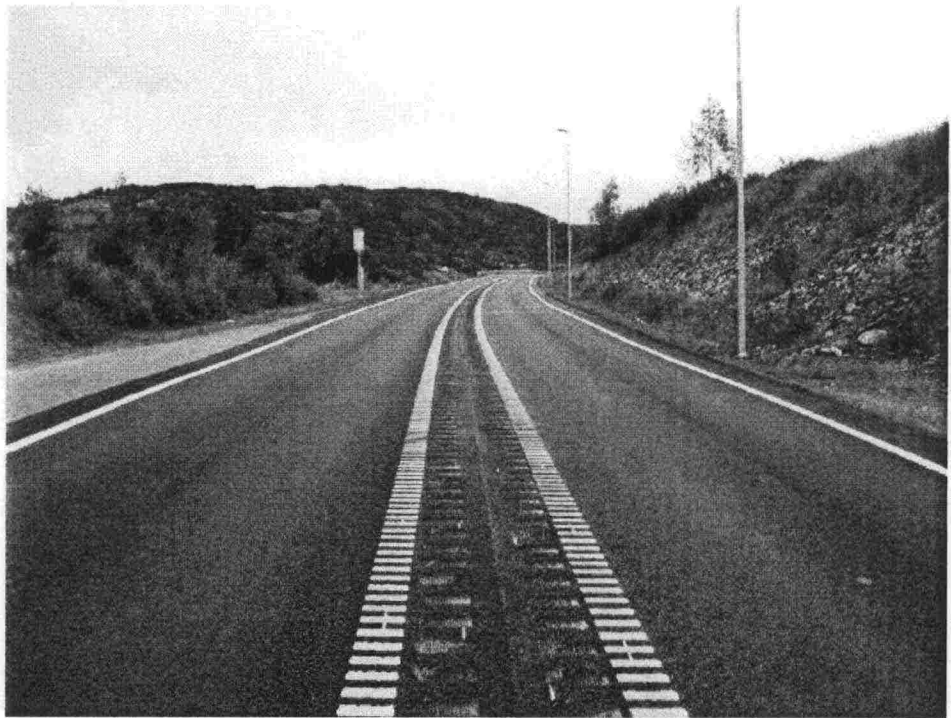
Kuva 6 Tanskalainen leveä keskialue (merkintä A) (Herrstedt 2005).



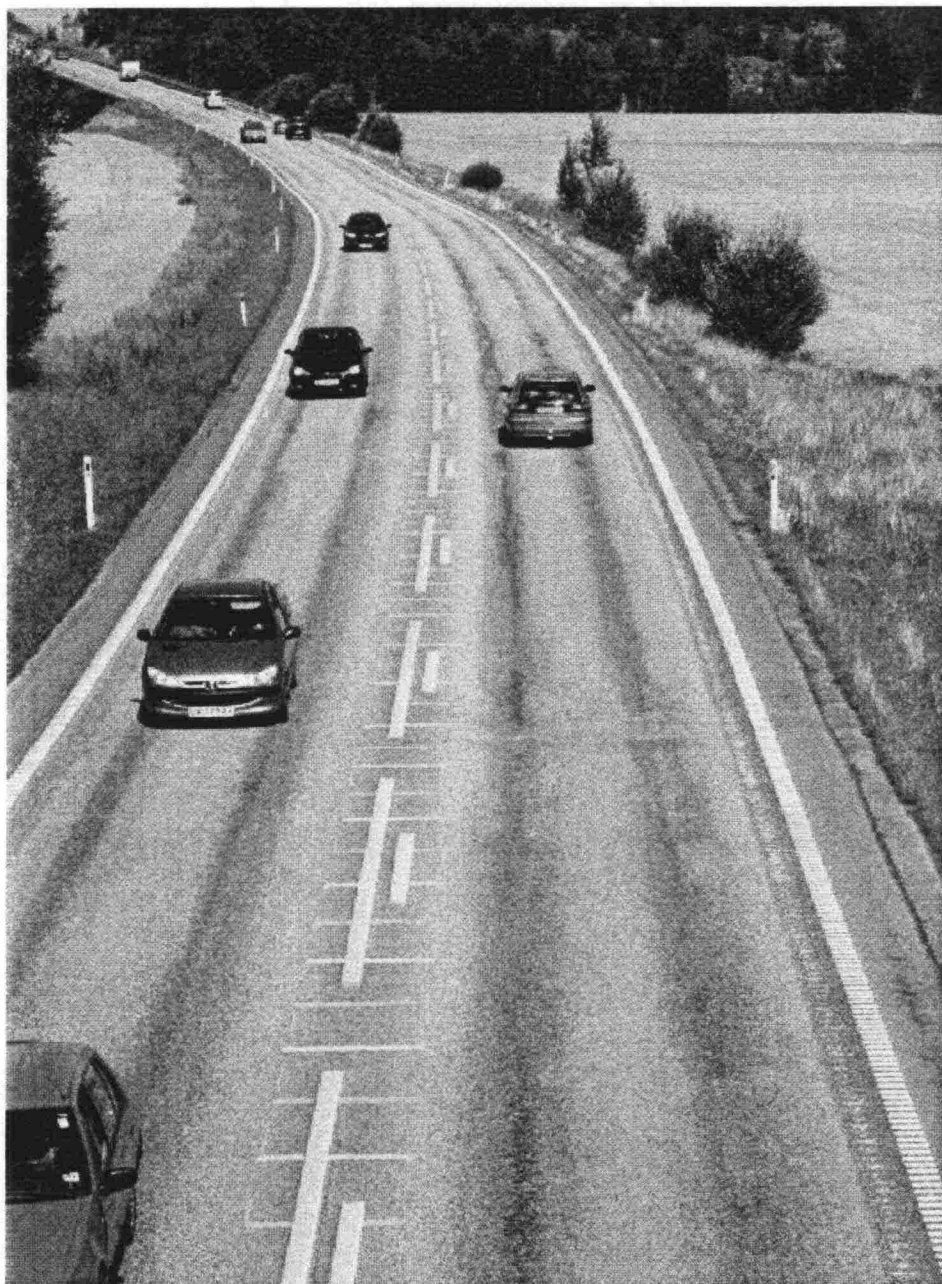
Kuva 7 Tanskalainen leveä keskialue (merkintä B) (Herrstedt 2005).

Norjalaisessa tutkimuksessa (Sagberg 2007) tarkasteltiin niin ikään metrin levyisten keskialueiden vaikutuksia kuljettajien käyttäytymiseen (nopeuteen ja sivuttaissijaintiin) kahdessa kohteessa E6:lla. Työssä etsittiin kohtamisonnettomuuksia vähentäviä ratkaisuja teille, jotka ovat liian kapeita keskikaiteiden rakentamiselle. Tarkastelukohteissa tien leveys oli 10 m, kaistaleveys 3,5 m ja piennar 1,0 m keskialueen merkitsemisen jälkeen (ennen keskialueen merkitsemistä pientareen leveys oli 1,5 m eli ajokaistaa ei kavennettu keskilinjän merkinnän yhteydessä). Nopeusrajoitus tarkastelukohteissa oli 80 km/h.

Opplandissa (pituus 8,8 km, KVL noin 16 600 ajon./vrk) keskialueen reunoille maalattiin kaksi 20 cm leveää profiloitua kaistaviivaa. Ohituskieltoalueella merkintä oli sulkuviivamainen ja merkintää tehostivat jyrstyt tärinäviivat (kuva 8). Ohituskielto-osuuksien ulkopuolella käytettiin profiloituja katkoviivoja tavallisen keskiviivamerkinnän tapaan ilman jyrstettyjä tärinäviivoja. Östfoldissä (pituus 17,6 km) tien keskelle tehtiin poikittain 10 cm leveillä 1 metrin pituisilla poikittaisilla viivoilla vihreä merkintä 1,5 metrin välein. Keskiviivamerkinnot olivat muuten tavanomaiset (kuva 9). Merkintä aiheutti myös ääntä ja tärinää yliajettaessa. Kokeilukohteen merkinnöistä tai suositellusta ajotavasta ei tiedotettu kuljettajia.



Kuva 8 Leveä keskialue ohituskielto-osuudella Opplandissa (Sagberg 2007).



Kuva 9 Leveä keskialue Östfoldissä (Sagberg 2007).

Ennen-jälkeen -nopeusmittauksissa keskinopeuden havaittiin laskeneen noin 2,7 km/h keskialueen uudelleen merkitsemisen jälkeen. Erot ajoneuvojen sivuttaissijainneissa kahden eri merkintätavan välillä havaittiin olevan hyvin vähäiset (2 – 5 cm) riippuen ajoneuvotyypistä ja mittaustilanteesta. Henkilöautojen keskimääräinen etäisyyden muutos tien keskeltä vasempaan sivupeiiliin mitattuna oli 30 cm tien reunaa kohden keskialueen merkitsemisen jälkeen ja vastaavasti raskailla ajoneuvoilla 36 cm.

Kun tiellä oli vastaantulevaa liikennettä, kuljettajat ajoivat hieman kauempana tien keskilinjasta. Ajoneuvojen sivuttaissijainnin kokonaismuutoksen havaittiin olevan hieman pienempi kuin keskialueen leveyden kasvu. Kun kais-

ta keskialueen merkitsemisen jälkeen siirtyi 50 cm oikealle, ajoneuvojen sivuttaissijainti muuttui 30 - 36 cm. Tämän arveltiin johtuvan kuljettajien valitsemasta kompromissista ajaa joko lähellä tien keskilinjaa tai reunaa (keskilinjan maalaamisen yhteydessä piennar kapeni 0,5 m). Keskialueen merkitsemisen jälkeen vastakkaisten ajoneuvovirtojen sivuttaissuuntainen etäisyys kasvoi 60 – 72 cm, mikä lisäsi huomattavasti turvallisuusmarginaalia kohtaamisonnettomuuksien kannalta. Täristävät merkinnät tehostivat merkinnän vaikutusta.

Tulokset osoittivat selvästi, että ajokaistojen etäisyyden kasvattaminen merkityllä keskialueella alentaa ajonopeuksia kaksikaistaisella tiellä (jopa silloin, kun tietä tai ajokaistoja ei kavenneta). Tämä johtunee ainakin osittain siitä, että ajoneuvo sijaitsee sivuttaissuunnassa lähempänä tien reunaa ja siten ajotehtävä tuntuu vaativammalta. Tutkimustulosten perusteella todettiin, että puhtaasti visuaalisilla keinoilla voidaan vaikuttaa kuljettajien käyttäytymiseen (sekä nopeuteen että sivuttaissijaintiin) ja että ne ovat siten kustannustehokkaita keinoja turvallisuuden parantamiseksi erityisesti vähäliikenteisillä teillä. Tulosten perusteella ei voitu tehdä päätelmiä merkintöjen pitkäaikaisista vaikutuksista kuljettajien käyttäytymiseen. Toisaalta tutkimuksessa jäi avoimeksi myös kysymys, mikä vaikutus merkinnällä olisi ollut, jos ajokaistoja olisi merkintöjen toteutuksen yhteydessä kavennettu.

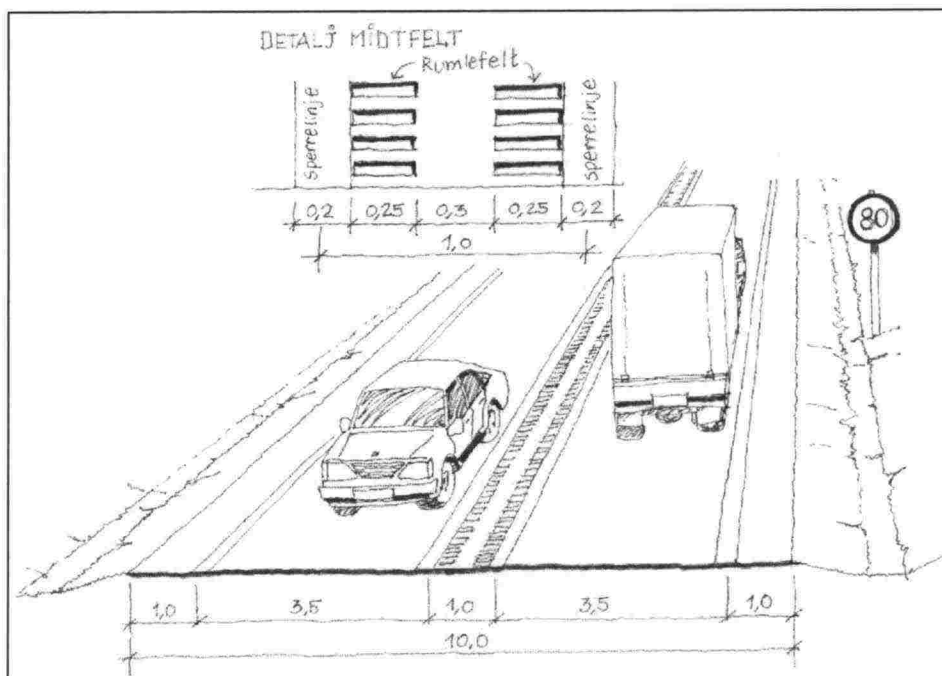
Opplandissa kokeillun kaltaista merkintää tutkittiin tiellä E6 kuudessa mittauspisteessä. Mittauksia tehtiin vuoden kuluttua merkintöjen toteuttamisen jälkeen, sillä merkintöjen pitkäaikaisia vaikutuksia kuljettajien käyttäytymiseen haluttiin tutkia. Sivuttaissijainti oli pysynyt lähes muuttumattomana mitausten välillä. Henkilöauton keskimääräinen etäisyys tien keskilinjasta oli ennen keskialueen merkintää 123 cm, heti merkitsemisen jälkeen 159 cm ja vuoden jälkeen edelleen 157 cm. Raskaiden ajoneuvojen osalta vastaavat tulokset olivat 99 cm, 135 cm ja 130 cm.

Myös keskinopeus oli pysynyt lähes muuttumattomana. Nopeudet alenivat keskimäärin kaikissa mittauspisteissä noin 0,4 km/h vuotta aiemmin tehtyihin mittauksiin verrattuna. Henkilöautojen v_{85} -nopeus laski 0,6 km/h ja raskaiden ajoneuvojen 1,3 km/h. Viisi mittauspistettä sijaitsi ohituskielto-osuudella ja yhden mittauspisteen kohdalla ohittaminen oli sallittu. Mittauspisteessä, joka sijaitsi ohitusosuudella, keskinopeuden ja v_{85} -nopeuden havaittiin laskeneen eniten heti keskialueen merkitsemisen jälkeen sekä edelleen vuoden kuluttua tehdyissä mittauksissa. Tässä mittauspisteessä raskaiden ajoneuvojen osalta v_{85} -nopeus putosi 4,8 km/h keskialueen merkitsemistä edeltäneestä tilanteesta (90,5 km/h) vuoden jälkeen tehtyihin mittauksiin (85,7 km/h).

Henkilöautojen v_{85} -nopeus oli vuoden jälkeen tehdyissä mittauksissa sama kuin raskaiden ajoneuvojen v_{85} -nopeus. Kaksi mittauspistettä, joissa henkilöautojen keskinopeudet olivat laskeneet yli 3 km/h, sijaitsivat ennen kaarretta. Vuoden kuluttua merkintöjen toteuttamisesta neljässä mittauspisteessä henkilöautojen keskinopeuden havaittiin olevan alhaisempia verrattuna ennen merkintöjen toteuttamista mitattuun keskinopeuteen. Raskaiden ajoneuvojen osalta sama havaittiin vain kolmessa mittauspisteessä. Myös v_{85} -nopeuksien osalta voitaneen todeta, että keskialueen merkitseminen vaikutti enemmän henkilöautoihin. Mittaustulosten perusteella todettiin, että merkintöjen positiiviset vaikutukset ovat edelleen havaittavissa vuoden kuluttua merkinnän toteuttamisesta. (Giæver, Engen 2005; Giæver 2007)

Norjassa Opplandissa ja tiellä E6 kokeilun mukainen leveän keskialueen merkintä on hyväksytty suunnittelustandardiksi 10 m levyisten teiden ohituskielto-osuuksilla (kuva 10). Kaistaleveydeksi valittiin 3,5 m, sillä etäisyys vastakkaiseen liikennevirtaan on suurempi ja tien pinnan urautumisen arveltiin olevan vähäisempää verrattuna esimerkiksi 3 m leveään kaistaan. Moottoripyöräilijät suhtautuivat aluksi varauksella merkintään, mutta sen ei ole todettu haittaavan moottoripyörällä ajoa. Teillä on myös hyvin vähän kevyttä liikennettä. Nopeusrajoitus näillä teillä on 80 km/h eikä merkintä edellytä valaistusta.

Leveän keskialueen ei ole todettu juurikaan vaikuttavan talvikunnossapitoon. Merkinnän kannalta ongelmallisia ovat kapeat sillat, jolloin ajokaistaa ei voida siirtää pientareelle päin. Lisäksi Norjassa suhtaudutaan varauksellisesti leveän keskialueen toteuttamiseen kapeammille teille mm. kevyen liikenteen takia. Koska leveän keskialueen merkinnän käyttö on mahdollista vain ohituskielto-osuuksilla, suosituksen mukaan ohitusmahdollisuuksia tulisi järjestää noin 5 km välein. Ohitusosuudet on merkitty perinteisellä tiemerkinällä (katkoviiva). Lisäksi ohituskaistoja on pyritty toteuttamaan noin 10 km välein. (Smeby 2008)



Kuva 10 Norjalainen leveän keskialueen merkintä 10 m leveillä teillä (suunnittelustandardi) (Smeby 2008).

Herrstedt (2005) esitti ajokaistaleveyden määrittämistä nopeusrajoituksen mukaan seuraavasti:

- 40 km/h kaistaleveys 2,5 m
- 50 km/h kaistaleveys 2,75 m
- 60 km/h kaistaleveys 3,0 m
- 70 km/h kaistaleveys 3,25 m

Ajokaistan kaventaminen on ehdotettu tehtäväksi toteuttamalla tärinäviiva sekä keski- että reunaviivan yhteyteen.

Tiehallinnon (2007) esiselvityksessä todettiin, että tien leveä keskialue:

- vähentää sivuttaissijaintien hajontaa (mikäli kaistat kapenevat)
- siirtää ajolinjoja kohti tien reunaa
- on tehokas visuaalinen ärsyke
- alentaa nopeuksia

Lisäksi keskialueen visuaalisella ärsykkeellä todettiin olevan suurempi vaikutus kuin reunaviivan yhteydessä olevalla ärsykkeellä.

3.1.3 Poikittaiset tiemerkinnot

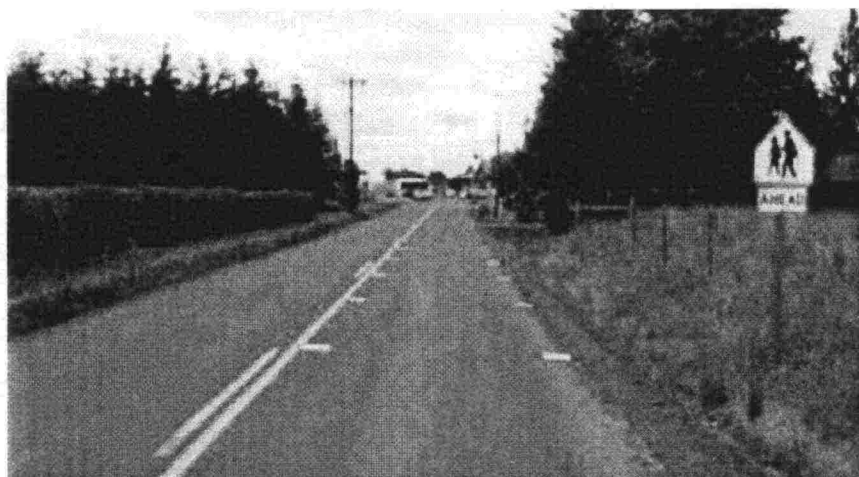
Poikittaisilla tiemerkinnoilla on tarkoitus luoda kuljettajalle mielikuva suuremmasta nopeudesta, nopeuden kiihtymisestä ja kapeammasta ajokaistasta, minkä toivotaan johtavan ajonopeuden alentamiseen. Poikittaisten tiemerkinnot on havaittu parantavan kuljettajan valppautta. Siten poikittaisia merkintöjä käytetään viestittämään kuljettajille muuttuvista olosuhteista ja nopeuden alentamistarpeesta esimerkiksi saavuttaessa taajamaan, lähestyttäessä liittymää tai kaarretta sekä tietyömailla, silloilla ja moottoriteiden poistumisrampeilla. (Ray ym. 2007, 2008; Arnold, Lantz 2007)

Merkinnät tehdään usein siten, että merkintöjen etäisyys pienenee ajosuunnassa. Tällöin kuljettaja aistii nopeuden kasvavan (ts. kuljettaja näkee merkinnät kiihtyvällä vauhdilla), minkä seurauksena hän todennäköisimmin alentaa nopeuttaan. Merkintöjen tiheytenä on käytetty 2 tai 4 merkintää sekunnissa. Poikittaiset merkinnät voivat olla joko koko ajokaistan levyisiä tai sijaita vain ajokaistan reunoilla. Merkinnät voivat olla myös v-muotoisia. Etenkin ajokaistan reunoille toteutettavat merkinnät ovat edullisia ja ne kuluu vähemmän kuin koko kaistan levyiset merkinnät. Lisäksi niiden on todettu olevan lähes yhtä tehokkaita kuin koko kaistan levyiset merkinnät, mikä saattaa johtua siitä, että ne antavat vaikutelman kaistan kapenemisesta. Merkintöjen arvellaan kuitenkin menettävän tehoaan kuljettajien tottuessa niihin ja merkintöjen kuluessa (etenkin koko kaistan levyiset merkinnät). (Ray ym. 2007, 2008; Arnold, Lantz 2007)

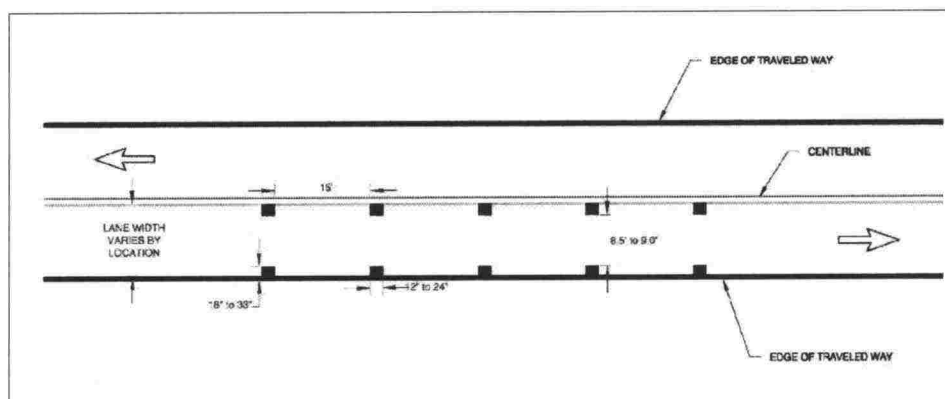
Poikittaisten merkintöjen vaikutuksia onnettomuuksiin on raportoitu melko vähän ja pääosin raportoidut tulokset koskevat kokoajokaistan levyisiä merkintöjä. Esimerkiksi ennen kiertoliittymää sijoitettujen koko kaistan levyisten merkintöjen on todettu vähentävän onnettomuuksia merkittävästi Skotlannissa Newbridgen kiertoliittymässä. Puolentoista vuoden tarkasteluajana poliisin tietoon tulleet onnettomuudet vähenivät 14:sta kahteen. Myös muualla erityisesti suuresta nopeudesta johtuvien onnettomuuksien on arveltu vähentyneen poikittaisten tiemerkinnot toteuttamisen jälkeen. Tarkastelussa, jossa oli mukana 42 kiertoliittymäkohdetta, onnettomuuksien havaittiin vähentyneen 96:sta 47:ään. Neljän vuoden jatkotutkimus seitsemässä kohteessa osoitti, että etenkin liian suureen nopeuteen liittyvien onnettomuuksien määrä pysyi alhaisena. Koko ajokaistan levyisten merkintöjen teho saattaa ainakin osittain perustua niiden aiheuttamaan tärinä-ärsykkeeseen. (Ray ym. 2007, 2008; Arnold, Lantz 2007)

Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa (Ray ym. 2007, 2008) selvitettiin kaistan reunoille maalattujen poikittaisten merkintöjen (kuvat 11 ja 12) vaikutuksia ajonopeuksiin neljässä kohteessa liittymien läheisyydessä. Kaistan reunoille maalatut merkinnät valittiin, koska ne eivät kulu kuten koko kaistan levyiset

merkinnät ja ne ovat edulliset toteuttaa. Merkinnän pituus (ajosuunnassa) oli 20,3 cm ja leveys 30,5 cm. Merkintöjen välinen etäisyys oli noin 4,6 m ja poikittaissuunnassa merkintöjen väliin jäi tilaa noin 2,5 m. Nopeusrajoitus tarkastelukohteissa oli 80 – 89 km/h. Keskinopeuden havaittiin alentuneen poikittaisten merkintöjen toteuttamisen jälkeen tarkastelukohteessa noin 1 km/h. Keskinopeuden aleneminen oli tilastollisesti merkitsevä.



Kuva 11 Kaistan reunoille sijoitetut poikittaiset merkinnät liittymää lähestyttäessä (Ray ym. 2008).

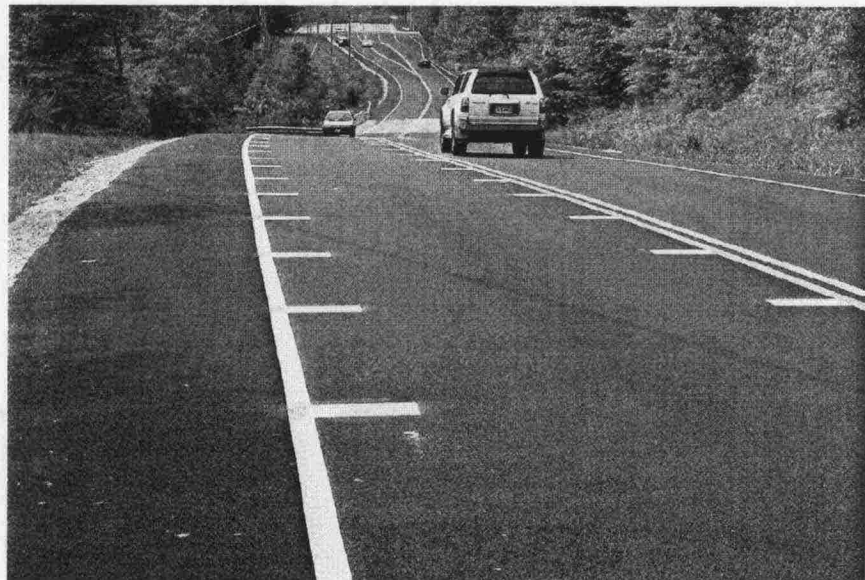


Kuva 12 Kaistan reunoille sijoitetut poikittaiset merkinnät yhdysvaltalaisessa kenttäkokeessa (Ray ym. 2008).

Toisessa yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa (Arnold, Lantz 2007) selvitettiin myös poikittaisten tiemerkintöjen (kuvat 13 ja 14) vaikutuksia nopeuksiin. Poikittaiset merkinnät ajokaistan reunoissa sijoitettiin kahteen kohteeseen osuudelle, jolla oli havaittu toistuvasti ajettavan ylinopeuksilla ja jossa oli tapahtunut nopeuteen liittyviä onnettomuuksia. Osuuden geometria oli huono sekä ajokaistat ja pientareet kapeat. Nopeusrajoitus osuudella oli 64 km/h, mutta mitattu keskinopeus oli 77 km/h ja v_{85} -nopeus 88 km/h. Merkinnät toteutettiin noin 1,7 km pitkän osuuden molempiin päihin noin 160 metrin matkalle. Nopeudet mitattiin ennen merkintöjen toteuttamista, 7 päivää ja 90 päivää merkintöjen toteuttamisen jälkeen.

Mittaukset tehtiin kymmenessä kohdassa tarkasteltavalla osuudella (molemmissa suunnissa ennen merkintää, merkinnän alussa, merkinnän keskellä, merkinnän lopussa ja tarkasteltavan osuuden puolessa välissä). Ajokaistan reunassa sijaitsevien merkintöjen asentamisen jälkeen mitatut keskinopeudet vaihtelivat vain vähän. Keskinopeuksien havaittiin alentuneen tarkastelukohteissa 7 päivää merkitsemisen jälkeen 5,2 km/h ja 90 päivän jälkeen 3,2 km/h. Osuuden eteläpäässä, jossa nopeudet olivat korkeammat, merkinnän vaikutus oli vähäisempi. Eniten keskinopeus aleni merkinnän alussa osuuden pohjoispäässä (5,9 – 8,6 km/h). Tarkasteltavan osuuden keskellä olleessa mittauspisteessä keskinopeudet alenivat noin 3 km/h. Merkinnöillä todettiin olevan ajonopeuksia alentava vaikutus tarkastelukohteissa. Osuuden pohjoispäässä nopeudet alenivat nopeusrajoituksen tasolle, mutta eteläpäässä nopeuksien alenemisesta huolimatta ne jäivät edelleen nopeusrajoituksen yläpuolelle.

Koko ajokaistan levyisten merkintöjen vaikutuksia tutkittiin nelikaistaisella tiellä lähestyttäessä taajamaa kaarteessa. Merkinnät toteutettiin kylän molemmille puolille. Tien nopeusrajoitus oli 89 km/h ja kylän kohdalla 72 km/h (alhaisempaa nopeusrajoitusta ei kuitenkaan noudateta). Osuuden molempiin päihin toteutettiin 32 – 40 poikittaista merkintää. Merkintöjen väli vaihteli 7,3 metristä 4,6 metriin. Merkinnän pituus (ajosuunnassa) oli noin 30 cm. Nopeuksien havaittiin alentuneen 4,8 km/h 7 päivää merkitsemisen jälkeen ja 16,1 km/h 90 päivän jälkeen. Kylän kohdalla nopeudet olivat jälkimmäisen mittauksen jälkeen enää vain hieman nopeusrajoituksen yläpuolella. Tulosten perusteella poikittaisten tiemerkintöjen todettiin olevan tehokas keino alentaa ajonopeuksia lähestyttäessä vaarallista tien kohtaa, alempaa nopeusrajoitusalueita tai muuta kohtaa, jossa ajetaan toistuvasti liian lujaa. Kaistan reunassa sijaitsevan merkinnän vaikutuksen todettiin olevan vähäinen ja siten koko kaistan levyistä merkintää pidettiin tehokkaampana.



Kuva 13 Kaistan reunassa sijaitsevat poikittaiset tiemerkinnät Virginian osavaltiossa Yhdysvalloissa (Arnold, Lantz 2007).

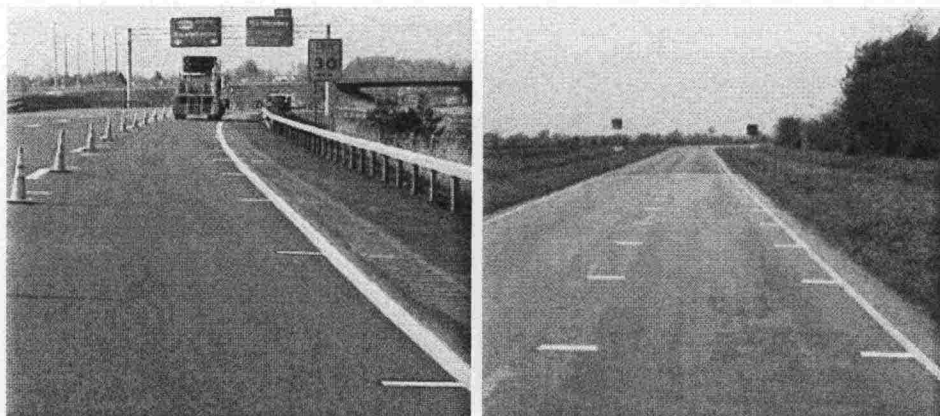


Kuva 14 Koko kaistan levyiset poikittaiset tiemerkinnot Virginian osavaltiossa Yhdysvalloissa (Arnold, Lantz 2007).

Katz (2004) tutki ajokaistan reunoilla sijaitsevia poikittaisia tiemerkinnotjä ennen kaarretta kolmessa kohteessa. Kaistan reunaan sijoitetun merkinnän pituus (ajosuunnassa) oli 30,5 cm ja leveys 45,7 cm. Merkintäjakson pituus vaihteli 160 metristä noin 300 metriin ja merkintäväli noin 8 metristä noin 2 metriin. Ensimmäinen kohde sijaitsi moottoritien erkanemisrampilla. Nopeusrajoitus moottoritillä oli 105 km/h ja suositellunopeus rampilla 48 km/h. Merkinnän toteuttamisen jälkeen keskinopeuden havaittiin laskeneen noin 6 km/h ja v_{85} -nopeuden laskeneen noin 8 km/h mittauspisteessä, joka sijaitsi merkinnän jälkeen kaarteessa rampilla. Kun huomioidaan, että keskinopeus mittauspisteessä, joka sijaitsi rampilla ennen merkintää, oli suurempi kuin ennen merkinnän toteuttamista tehdyissä mittauksissa. Tällöin heti merkinnän toteuttamisen jälkeen keskinopeuden voidaan todeta laskeneen noin 9 km/h.

Toinen kohde sijaitsi kaksikaistaisella maantiellä, jonka nopeusrajoitus oli 72 km/h ja kaarteessa suositusnopeus 64 km/h. Tässä kohteessa merkinnän vaikutus oli vähäisempi verrattuna ensimmäiseen kohteeseen. Keskinopeudet alenivat noin 3 km/h merkintöjen toteuttamisen jälkeen. Kolmas kokeilukohte sijaitsi niin ikään kaksikaistaisella maantiellä, jonka nopeusrajoitus oli 105 km/h ja suositusnopeus kaarteessa 64 km/h. Kolmannessa kohteessa nopeuden muutos oli edellisiä vieläkin vähäisempi eikä tilastollisesti merkitsevä. Sen sijaan ennen merkintää sijaitsevassa mittauspisteessä nopeuksien havaittiin laskevan enemmän kuin merkinnän jälkeen sijainneessa mittauspisteessä.

Katz arvioi, että merkintöjen tehoon vaikuttaa se, kuinka tuttu tie on kuljettajalle. Ensimmäisessä tarkastelukohteessa liikenne on pitkämatkaista ja siellä merkinnöillä havaittiin olevan suurin vaikutus. Sen sijaan kahdessa muussa kohteessa suuri osa liikenteestä on paikallista ja merkintöjen vaikutus vähäisempi.



Kuva 15 Kaistan reunassa sijaitsevat poikittaiset tiemerkinnot moottoritien rampilla ennen jyrkkää kaarretta ja kaksikaistaisella maantiellä ennen kaarretta (Katz 2004).

Corkle, Giese, Marti (2001) tutkivat tien levyisten v-muotoisten suojatien eteen sijoitettujen poikittaisten tiemerkinnotien vaikutuksia ajonopeuksiin asutuksen läheisyydessä. Nopeusrajoitus tarkasteluosuudella oli 48 km/h ja mitattu keskinopeus ennen merkinnän toteuttamista oli noin 60 km/h. Keskinopeuksien havaittiin alentuneen merkittävästi (8 km/h) sekä viikko että kuusi viikkoa merkintöjen toteuttamisen jälkeen. 28 viikkoa ja kaksi vuotta merkitsemisen jälkeen mitatut keskinopeudet olivat edelleen alhaisemmat kuin ennen merkintöjen toteuttamista mitatut nopeudet (noin 6 ja 3 km/h). Neljä vuotta myöhemmin tutkimuskohde päällystettiin uudelleen ja samalla merkinnät uusittiin. Tällöin mittaukset jälleen osoittivat samanlaisen keskinopeuksien alenemisen (noin 10 km/h) kuin ensimmäisellä merkitsemiskerralla. Suurin mitattu keskinopeuden muutos oli noin 18 %. Vaikka ajonopeuksien havaittiin nousevan ajan kuluessa (kuljettajat tottuivat merkintään ja merkintä kului), nopeudet eivät missään vaiheessa palanneet ennen-mittausten tasolle.

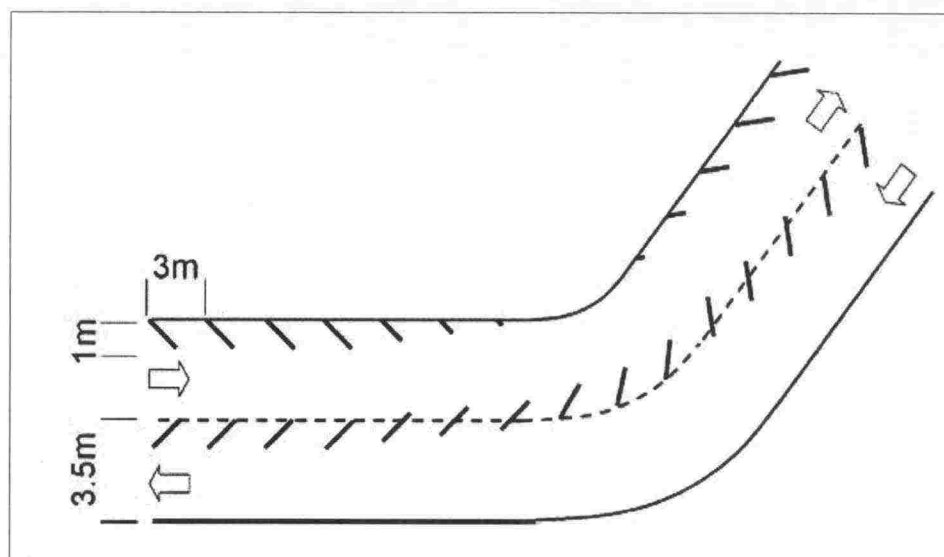
Tiehallinnon (2007) esiselvityksessä raportoitiin tutkimustuloksista, joissa koko ajokaistan levyisten poikittaisten tiemerkinnotien oli havaittu alentavan nopeuksia noin 11 km/h liittymää lähestyttäessä ja ajokaistan reunoissa sijaitsevien poikittaisten merkintöjen noin 6 km/h. Koko ajoradan levyisillä poikittaisilla merkinnöillä oli todettu olevan pitkäkestoinen vaikutus. Sen sijaan merkinnöillä, joiden kulma muuttui, ei havaittu olevan suurempaa vaikutusta kuin suorassa kulmassa tielinjaan nähden sijaitsevilla merkinnöillä. Lisäksi esiselvityksessä raportoitiin v-muotoisen poikittaisen merkinnän alentavan tehokkaasti nopeuksia ja vaikutuksen säilyvän vielä kahden vuoden jälkeenkin.

Bolling ja Sörensen (2008) esittivät poikittaisten tiemerkinnotien käyttöä tie-työalueilla ajonopeuksien alentamiseksi. Etenkin kaistan reunoilla sijaitsevilla merkinnöillä arvioitiin voitavan kaventaa ajokaistaa visuaalisesti. Sagberg ym. (1999) puolestaan totesivat, että poikittaisilla tiemerkinnoilla olisi ennemminkin varoittava vaikutus kuin visuaalinen vaikutus. Lisäksi tärisevällä merkinnällä arvioitiin olevan pitkäkestoisempi vaikutus ja sen olevan siten tehokkaampi ratkaisu.

Mazen ym. (2000) mukaan poikittaisten tiemerkintöjen on todettu alentavan nopeuksia jyrkissä kaarteissa (ajosimulaattoritutkimus). Poikittaiset merkin­nät saivat aikaan tunteen liian suurella nopeudella ajamisesta ja nuolet ka­peammasta kaistasta. Paras tulos havaittiin tihentyvillä poikkiraidoilla ja ta­savälisillä v-kuvioilla. Näitä voidaan tehostaa edelleen tiemerkinnällä SLOW tai varoitusmerkillä. Myös kaistojen kaventamisen todettiin olevan jossain määrin tehokas tapa alentaa nopeuksia. Mazen viittaa julkaisussaan hollanti­laiseen ajosimulaattoritutkimukseen, jossa kaistan ideaalileveyden kaventa­minen 18 %:lla sai kuljettajan alentamaan nopeuttaan.

Rettingin (1998) tutkimuksessa poikittaisten tiemerkintöjen havaittiin alenta­van nopeuksia merkittävästi kaarteissa. Lisäksi etenkin suuret nopeudet hävisivät kaistaa visuaalisesti kaventavien poikittaisten merkin­tojen myötä. Retting (1998) tutki Pohjois-Virginiassa kaksikaistaisella maantiellä jyrkässä kaarteessa merkintää, joka muodostui valkoisesta SLOW-tekstistä, kaarretta kuvaavasta nuolimerkinnästä ja poikittaisesta valkoisesta viivasta sekä en­nen että jälkeen teksti- ja nuolimerkinnän. Tien leveys tarkastelu­kohteessa oli noin 6 m ja ohituskielto oli esitetty tuplakeltaisella keskiviivalla. Tien no­peusrajoitus oli 56 km/h (KVL 5 000 ajon./vrk), mutta varoitusmerkin yhtey­dessä esitetyssä lisäkilvessä nopeussuositus oli 24 km/h. Päivällä merkintä pudotti keskinopeutta 3 %. Samanaikaisesti nopeudet nousivat vertailukohteessa ja siten merkinnän aiheuttama nopeuden alenema oli 7 %. Ilalla kes­kinopeus laski 5 % (samanaikaisesti nopeudet laskivat myös vertailukohteessa) ja merkinnän aiheuttama nopeuden alenema oli noin 2 %. Nopeuden 64 km/h ylittäneiden ajoneuvojen osuus laski 9,4 %:sta 3,3 %:iin. Myös yöllä keskinopeus putosi 10 % (vertailukohteessa nopeudet myös laskivat), josta merkinnän vaikutus oli noin 7 %. Nopeuden 64 km/h ylittäneiden osuus pu­tosi 18,5 %:sta 1,6 %:iin. Tutkimus osoitti merkinnällä olleen vaikutusta kul­jettajien nopeuden valintaan jyrkässä kaarteessa. Tuloksen arvioitiin viittaa­van siihen, että merkintä on jopa tehokkaampi silloin, kun kuljettajat ovat to­dennäköisimmin väsyneitä tai humalassa.

Uusiseelantilaisessa ajosimulaattoritutkimuksessa (Charlton 2007) selvitet­tiin usean eri keinon vaikutuksia kuljettajien käyttäytymiseen jyrkässä kaar­teessa. Tarkasteltavia keinoja olivat varoitusmerkit, kaarteissa käytettävät nuolen muotoiset taustamerkit, keskiviina täristävät merkin­nät sekä kalan­ruotomerkintä (kuva 16). Edellä esitellyistä poikittaisista tiemerkinnöistä, jot­ka tyypillisesti sijaitsivat ennen kaarretta tai muuta kohdetta, poiketen kala­ruotomerkintä jatkui kaarteeseen läpi. Kalanruotomerkintä kavensi ajokaistaa ja siten sen odotettiin alentavan ajonopeuksia. Merkittävää ajonopeuden ale­nemista ei kuitenkaan havaittu. Sen sijaan merkinnällä havaittiin olevan sel­keä vaikutus ajolinjaan kaarteessa. Sivuttaissijainnin vaihtelu oli vähäisem­pää kuljettajien välillä kuin muilla tarkastelluilla keinoilla. Kapeammasta kais­tasta aiheutuvan mahdollisen ajonopeuden laskun arvioitiin häviävän mer­kinnän osoittaman optimaalisen ajolinjan takia. Merkinnän osoittaman opti­maalisen ajolinjan takia kuljettajan on mahdollista ajaa kaarteessa suurem­malla nopeudella. Kun kalanruotomerkintä yhdistettiin toistuviin nuolikuvioi­hin kaarteessa, kuljettajien havaittiin käyttävän kaarteessa alhaisempaa no­peutta, vaikka sivuttaissijainti mukaili edelleen kalanruotomerkinnän osoitta­maan optimaalista ajolinjaa.



Kuva 16 Kalanruotomerkitä kaarteessa (Charlton 2007).

3.2 Muut visuaaliset keinot

3.2.1 Reunapaalut, tienpintaheijastimet ja -valot

Heijastimilla varustetut reunapaalut on tarkoitettu parantamaan tien optista ohjausta ja auttamaan kuljettajia ajosuorituksen ennakkoinnissa pimeänä aikana. Reunapaalutetuilla teillä tienlinjan kulku voidaan havaita pimeässä kymmeniä tai satoja metrejä eteenpäin. Reunapaalujen voidaan siten odottaa vaikuttavan kuljettajien käyttäytymiseen ja liikenneturvallisuuteen. (Tielaitos 1992)

Suomalaisessa reunapaalujen vaikutuksia käsitelleessä tutkimuksessa (Tielaitos 1992) reunapaalujen todettiin tietyissä olosuhteissa siirtävän ajolinjoja tien reunaan päin ja nostavan ajonopeuksia. Suurimmat ajolinjan siirtymät (70 cm) havaittiin talvella, mikä saattaa osittain johtua siitä, että tiet saatettiin aurata leveämmiksi. Toisaalta vastaantulevan ajokaistan käytön kaarreajossa aukeassa maastossa arvioitiin jopa saattavan lisääntyä, sillä reunapaalujen ansiosta kuljettajat hahmottavat tienlinjan kulun pitkälle eteenpäin.

Nopeuksien osalta havaittiin, että reunapaalut nostivat nopeuksia pimeään aikaan nopeakasvualueen 80 km/h teillä ja enimmäkseen nopeuksien kasvu oli 5 – 10 km/h. Aukeassa ympäristössä nopeudet kasvoivat enemmän kuin metsäisessä. Nopeakasvualueen 100 km/h teillä ei havaittu vastaavaa nopeuksien kasvua. Kuljettajat käyttivät hyväkseen reunapaalujen ansiosta parantunutta optista ohjausta nostamalla nopeuttaan rajoitusalueen 80 km/h teillä. Sen sijaan nopeakasvualueen 100 km/h teillä kuljettajat eivät nähtävästi pidä nopeuden nostamista tarpeellisenä, sillä tiet ovat geometrialtaan korkeampitasoisia ja siten reunapaalujen vaikutus optiseen ohjaukseen on vähäisempi.

Nopeakasvualueen 80 km/h teillä reunapaalujen arvioitiin lisäävän pimeän ajan henkilövahinko-onnettomuuksia 60 %. Talvinopeakasvualueen ulkopuo-

lella 100 km/h teillä pimeän ajan henkilövahinko-onnettomuuksien määrän havaittiin kasvaneen 20 %. Aiemmissa tutkimuksissa liikenteen keskinopeuden kasvun 5 – 10 km/h on havaittu lisäävän henkilövahinko-onnettomuuksia 25 – 40 %. Reunapaalujen negatiivisten vaikutusten havaittiin korostuvan hyvissä sää- ja keliolosuhteissa. Tulosten perusteella reunapaalujen todettiin vaikuttavan pimeän ajan ajokäyttäytymiseen liikenneturvallisuutta huonontavalla tavalla etenkin nopeakäyttöalueen 80 km/h teillä. Reunapaaluilla ei välttämättä ole samanlaista haittavaikutusta geometrialtaan korkeatasoisilla nopeakäyttöalueen 100 km/h teillä, joilla reunapaalujen avulla voidaan mahdollisesti parantaa ajomukavuutta heikentämättä turvallisuutta. (Tielaitos 1992)

Tsyganovn (2006) esitti tutkimustuloksia ledeillä varustettujen reunapaalujen vaikutuksista kaarreajoon. Ennen-jälkeen -mittauksissa niillä ei havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta ajonopeuksiin tai sivuttaissijaintiin. Ledeillä varustettujen reunapaalujen vaikutusta tutkittiin lisäksi laboratoriossa, jossa koehenkilöille esitettiin kenttäkokekohteessa kuvatut videotallenteet. Puolet koehenkilöistä koki välkkyvän led-valon auttavan kaarteiden havaitsemisesta jo kauempaa. Tulosten perusteella pidettiin todennäköisenä, että led-merkit saavat aikaan kuljettajien paremman tietoisuuden ja huomiotason, joilla molemmilla positiivinen vaikutus turvallisuuteen. Toisaalta merkit saattavat parantaa tien optista ohjausta ja nostaa ajonopeuksia kaarteissa. Led-merkkien arveltiin olevan tehokkaat erityisesti huonolla ajokelillä.

Myös tienpintaan upotetuilla heijastimilla pyritään parantamaan tien optista ohjausta etenkin öiseen aikaan ja huonoissa keliolosuhteissa. Sagbergin ym. (1999) mukaan ne saattavat kuitenkin nostaa nopeuksia. Kaksikaistaisen tien keskiliinaan sijoitettuna ne saattavat siirtää ajolinjoja tien reunaa kohden ja vähentää keskiviivan ylityksiä.

Suomessa tien keskiliinaan sijoitettuja tienpintaheijastimia on kokeiltu 2000-luvun alussa valtatiellä 1. Kärki ja Mäkinen (2001) selvittivät haastattelujen avulla kuljettajien mielipiteitä ja kokemuksia tienpintaheijastimista. Kuljettajien kokemukset ja mielipiteet olivat erittäin myönteisiä. Kuljettajat pitivät tienpintaheijastimia hyödyllisinä erityisesti pimeään aikaan tai muutoin heikoissa valaistusolosuhteissa ajettaessa. Heijastimien puhtaus vaikuttaa niiden näkymiseen ja heijastusominaisuuksiin. Haastatellut kertoivat tienpintaheijastimien helpottaneen tielinjauksen hahmottamista (99 %), ajoneuvon pitämistä omalla kaistalla (93 %) sekä ohituskieltoalueiden havaitsemista pimeään aikaan tai muuten huonoissa näkyvyysolosuhteissa (84 %). Sen sijaan yli puolet haastatelluista ilmoitti, että päivällä ajettaessa tienpintaheijastimilla ei ollut vaikutusta näihin tekijöihin. 86 % kuljettajista ilmoitti, etteivät he olleet muuttaneet ajonopeuksiaan tai ajolinjaansa tienpintaheijastimien asentamisen jälkeen. Lisäksi lähes kaikki haastatellut kuljettajat halusivat lisätä tienpintaheijastimien käyttöä reuna-, keski- ja sulkuviiva-alueilla.

Räsänen (2003) selvitti kokeellisesti kaksikaistaisen tien keskiliinan tienpintaheijastimien vaikutuksia ajoneuvojen sivuttaissijaintiin ja nopeuksiin sekä suoralla tieosuudella että kaarteissa. Heijastimet paransivat tielinjan näkyvyyttä ja jyräntäuriin sijoitettuna aiheuttivat tärinää ajoneuvon ajaessa niiden päältä. Ajoneuvojen sivuttaissijainneissa todettiin pieniä muutoksia, jotka eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Pimeällä vapaiden henkilöautojen sivuttaissijainnin keskihajonta pieneni sekä suoralla että kaarteissa enemmän kuin päivällä. Vasemmalle suuntautuvassa kaarteissa ajettiin

pimeällä 40 – 60 cm lähempänä keskilinjaan kuin päivänvalossa. Suoralla ero oli vastaavasti 25 – 35 cm. Pimeässä kaarteessa vapaat henkilöautot ajoivat keskimäärin 40 – 50 cm lähempänä keskiviivaa kuin pimeällä suoralla. Ohitusten määrät eivät muuttuneet. Myöskään nopeustason kehityksen ei havaittu poikkeavan kontrollikohteesta. Tienpintaheijastimien turvallisuusvaikutuksen todettiin jääneen vähäiseksi kokeilukohteessa. Heijastimet paransivat tien optista ohjausta pimeällä vain lyhyellä etäisyydellä ja toisaalta jyr-sintäuran ja heijastimien aiheuttama tärinä ja melu eivät olleet riittäviä, jotta tienpintaheijastimet olisivat merkittävästi vaikuttaneet ajolinjoihin, nopeuksiin tai ohituksiin.

Tienpintaheijastimien lisäksi teillä on käytetty erilaisia tienpintaan upotettuja valoja varoittamaan ja ohjaamaan tienkäyttäjiä sekä valaisemaan tietä. Valoja on sijoitettu myös mm. kaiteisiin. Tienpinnasta kohollaan olevat valot saattavat vaurioitua helposti aurauksen yhteydessä. Valon lähteenä on käytetty sekä ledejä että halogeeneja. Ledit ovat suosittuja niiden alhaisen virran kulutuksen, pitkän käyttöiän ja väri vaihtoehtojen ansiosta.

Virtalähteenä käytetään paljon aurinkokennoja etenkin, jos muuta virtalähdettä ei ole tarjolla. Varoitustarkoituksessa tienpintaan upotettuja valoja on käytetty mm. koulujen läheisyydessä, suojateillä, tietyömailla, tasoristeyksissä sekä kaarteissa joko yksinään tai yhdessä muiden varoituslaitteiden (liikennemerkkien ym.) kanssa. Valot voidaan aktivoida esim. aikaan (koulun alkaminen ja päättymisen) perustuen tai tilanteissa, joissa autoilija lähestyy kaarretta liian suurella nopeudella. Valoja on käytetty ohjaamaan liikennettä liittymissä, joissa on useita kääntyviä kaistoja, sekoittumisalueilla, tunneleissa, liittymissä pysäytysviivana sekä ilmaisemassa kaistan vaihtokieltoa tai kääntymiskieltoa.

Tienpintaan upotetuilla valoilla on paikoin voitu vähentää tien muuta valaistusta. Tienpintaan upotettujen valojen vaikutuksia on tutkittu vähän. Niiden on kuitenkin arveltu alentaneen nopeuksia, parantaneen ajokaistalla pysymistä ja lisänneet kuljettajien valppautta. Lisäksi niillä on korkea hyväksyttävyyden tienkäyttäjien keskuudessa. (Carson, Tydlacka, Gray, Voigt 2008)

3.2.2 Näkemät liittymissä ja linjaosuuksilla

Aina ei näkyvyyden parantaminen liittymässä johda turvallisuuden kohentumiseen. Malmivuo (1999) selvitti liittymänäkemien pidentämisen vaikutusta sivutieltä päätielle saapuvien kuljettajien käyttäytymiseen. Tutkimuksessa tarkasteltiin sivutien liikennevirran nopeuksia ja instrumentoidulla autolla ajaneiden koekuljettajien käyttäytymistä. Kokeen aikana koeliittymien näkemiä muutettiin siten, että ensimmäisellä viikolla liittymisnäkemat olivat huonot, toisella viikolla ohjeiden mukaiset ja kolmannella viikolla normit ylittyivät. Nopeusmittauksissa ja koeajoissa ei havaittu tilastollisesti merkittäviä nopeuseroja eri näkemätilanteissa. Lisäksi koekuljettajien silmänliikkeet analysoitiin ja tulokset osoittivat, että vasemmalle katsominen väheni tilastollisesti merkittävästi viimeisen 20 metrin matkalla samalla, kun näkemiä liittymissä parannettiin. Lisäksi havaittiin, että kuljettajat katsoivat vasemmalle kauempana päätiestä näkemäraivauksen sen mahdollistaessa.

Tulosten perusteella todettiin, että liittymänäkemien parantaminen ei vaikuta kuljettajien ajonopeuksiin liittymää lähestyttäessä, mutta saa heidät aloitta-

maan ja lopettamaan päätien liikenteen tarkkailun aikaisemmassa vaiheessa. Näkemien raivaamisen ei siis todettu muuttavan sivutieltä saapuvien kuljettajien käyttäytymistä turvallisemmaksi liittymää lähestyttäessä, koska päätien liikenteen havainnointi on turvallisuuden kannalta tärkeintä päätien liittymän läheisyydessä.

Tiehallinnon (2001) tasoliittymien näkemiä käsitelleessä kirjallisuusselvityksessä todettiin, että turvallinen liittyminen ja risteäminen vaativat riittävän näkemän päätielle, mutta liittymisnäkemän tulisi aueta vasta siltä etäisyydeltä päätiestä, jolla päätös liikennevirtaan liittymisestä tehdään. Lisäksi maa-seutuliiitymissä kaukaa risteysalueesta avautuvat näkemät päätien suuntaan lisäävät onnettomuusriskiä verrattuna tilanteeseen, jossa näkemät avautuvat vasta lähempänä risteysaluetta.

Charlton (2003) puolestaan selvitti ennen-jälkeen -kenttäkokeen avulla, miten liittymänäkemän heikentäminen vaikuttaa kuljettajien käyttäytymiseen ja nopeuteen liittymää lähestyttäessä. Kokeilukohteessa läpinäkymätön kangas pystytettiin liittymän väistämisvelvolliselle tulosuunnalle siten, että kangas alkoi 125 m ja päättyi 25 m ennen liittymää estäen näkyvyyden tällä matkalla vasemmalta liittymää lähestyvän liikenteen suuntaan. Tutkimuspäivinä liittymää käyttäneet kuljettajat haastateltiin ja heidän lähestymisnopeutensa mitattiin 25 m ennen liittymää. Kankaan asentamisen jälkeen keskinopeuden havaittiin alenevan noin 23,7 % (37,98 km/h => 29,22 km/h) ja samalla yli 57 km/h nopeudet katosivat. Liittymän läheisyyteen sijoitetun tutkimusajoneuvon havaitsi ennen-tilanteessa noin 16,8 % ja jälkeen-tilanteessa noin 31,9 % kuljettajista. Haastatelluista vain 56 % oli havainnut kankaan pystytämisen jälkeen jotain uutta ja näistä 48 % piti ratkaisua täysin hyväksyttävänä. Nopeuksien havaittiin edelleen laskevan 21 ja 37 viikon jälkeenkin. Tutkimuksen keskeinen johtopäätös oli, että kuljettajat todella sopeuttavat ajokäyttäytymisensä tiehen ja olosuhteisiin sopivaksi ja että tällaisilla toimenpiteillä voidaan manipuloida kuljettajien käyttäytymistä liikenneturvallisuuden edistämiseksi.

Vaasan tiepiirin tiestölle (lähinnä vt 8) rakennettujen hirviaitojen ja tienvarsi-puuston harvennuksen vaikutuksia liikenneturvallisuuteen on tutkittu onnettomuusanalyysin avulla. Harvennetulla tienvarsiapuustolla pyritään luomaan tunnelimaista vaikutelmaan ja toisaalta harvennusten ansiosta tienkäyttäjille jää enemmän aikaa reagoida riistaeläinten tienylityksiin, jolloin hirvieläinonnettomuuksien todennäköisyys ainakin teoriassa pienenee. Periaatteena on ulottaa harvennus noin 15 – 20 m tienreunasta metsään.

Tutkimuksen lähtökohtana todettiin sekä liikennemäärien että hirvionnettomuuksien lisääntyneen Vaasan tiepiirin alueella. Onnettomuusmäärien lisääntyessä myös vakavien onnettomuuksien määrät ovat lisääntyneet. Harvennuksiin liittyvät onnettomuustarkastelut osoittivat, että Vaasan eteläpuolisella tieosuudella hirvionnettomuuksien määrä oli harvennetuilla osuuksilla pysynyt ennallaan ja harventamattomilla osuuksilla kasvanut 34 %, kun samanaikaisesti hirvionnettomuuksien määrä koko tiepiirin alueella oli kasvanut 53 %.

Tarkastelun tulokset osoittivat, että tienvarsiapuuston harvennuksilla on positiivinen vaikutus liikenneturvallisuuteen (etenkin hirvieläinonnettomuuksiin). Tiepiiri sai paljon positiivista palautetta tienvarsiharvennuksista. Tienkäyttäjät raportoivat tilanteista, joissa he olivat havainneet tielle pyrkivän hirven riittä-

vän aikaisin ja siten pystyneet välttämään onnettomuuden. Tiepiiriin saaman palautteen mukaan harvennettuja tieosuuksia pidettiin kauniina ja miellyttävänä ajaa. Selvityksessä tiepiiri totesi tienvarsipuuston harventamisen olevan kustannustehokas ratkaisu ja maisemallisesti suositeltava vaihtoehto. Hirviaitoja tulisi siten käyttää ainoastaan hyvin vilkasliikenteisillä pääteillä (Tielaitos 1999).

Onnettomuusanalyysin yhteydessä ei tutkittu tienvarsipuuston harvennuksen vaikutuksia ajonopeuksiin. Kuljettajilla saattaisivat ulosmitata parantuneen näkyvyyden suuremmalla ajonopeudella. Mahdolliset ajonopeuksien muutokset eivät kuitenkaan todennäköisesti olleet suuret avarammasta maisemasta huolimatta, sillä tällöin vastaavaa vaikutusta hirvionnettomuuksiin ei ehkä olisi ollut mahdollista todeta.

Hirvieläinonnettomuuksien torjuminen -ohjeessa (Tiehallinto 2005) eläinonnettomuuksien torjumiseksi esitetään maantien reunametsästä näkyvyyttä haittaavaa kasvillisuutta poistettavaksi aina 20 – 30 metrin etäisyydelle tiealueen ulkopuolelle. Erityisen tärkeää on parantaa näkyvyyttä paikoilla, joille tietä ylittävät eläimet helposti ohjautuvat (mm. riista-aitojen päät ja metsän reunat). Tarva-ohjelmassa linjaosuudella tehtävän näkemäraivauksen vaikutuskertoimena eläinonnettomuuksissa käytetään 0,9. Vaikutuskerroin perustuu aiempiin tutkimustuloksiin. Esimerkiksi erään ruotsalaisen tutkimuksen mukaan metsäisellä tieosalla riski joutua hirvionnettomuuteen on noin 2 - 4 -ertainen verrattuna avoimeen maastoon. Lisäksi norjalaisen käsikirjan mukaan kaikkien eläinonnettomuuksien riski väheni raivausten myötä noin 20 %. Toisaalta taas tien näkemien kasvattaminen alle 200 metristä yli 200 metriin lisää onnettomuusriskiä noin 23 %. (Malmivuo, Peltola 2004)

Kilpiäinen (2008) tutki hirvikannan, liikennemäärän ja tienvarsiraivausten vaikutusta hirvionnettomuuksiin Pohjois-Karjalassa. Tutkimuksen perusteella hän totesi tienvarsiraivausten olevan tehokas keino vähentää hirvionnettomuuksia joillain tieosuuksilla. Pääteillä vähenemän todettiin olleen yli 50 % raivausta edeltävästä vuodesta raivausvuoteen. Toisaalta tarkasteluaineistosta löytyi noin 170 km pitkä osuus, jolla raivaus ei näyttänyt vaikuttavan samalla tavalla onnettomuuksia vähentävästi kuin muilla tieosuuksilla. Tieosuuksilla, joilla raivauksesta on hyötyä, raivauksen todettiin olevan erinomainen keino vähentää hirvionnettomuuksien aiheuttamia vahinkoja. Hirvionnettomuudet painoutuivat syksyyn sekä iltaan ja yöhön, jolloin ajonopeuden alentamisella on suurempi merkitys kuin tienvarsipuuston raivauksilla, sillä raivausten havaittiin olevan tehokkaimmillaan päivällä ja lehdellisellä vuodenaikana.

3.2.3 Taajamaportit

Suomessa on tutkittu taajamaporttien nopeusvaikutuksia (Poutanen, Beilinson 2005; Ojala, Enberg 2007). VTT:n tutkimuksessa selvitettiin taajamaporttien nopeusvaikutusta noin vuosi porttien valmistumisen jälkeen ja tuloksia verrattiin tilanteeseen ennen porttien valmistumista. Taajamaportteilla todettiin olevan pieni ajonopeuksia laskeva vaikutus (1,2 – 2,0 km/h). Samalla myös ylinopeuksien osuus pienentyi hieman. Kontrollimittaukset kohteissa tehtiin noin kolme vuotta taajamaporttien valmistumisen jälkeen. Nopeudet olivat kehittyneet kohteesta riippuen eri suuntiin. Nopeusmuutosten suunnan arveltiin johtuvan lähinnä tutkimustaajaman ja tien luonteesta. Kaupunkimai-

sessä taajamassa, jossa autoilijoista suuri osa on paikallisia ja ajavat tienkohdan ohi päivittäin, nopeudet olivat kontrollimittauksessa nousseet taajamaportin rakentamista edeltäneelle tasolle. Tällaisessa ympäristössä taajamaportti menettää nopeasti tehonsa eikä siten näyttänyt olevan riittävä keino nopeuksien alentamiseksi. Maaseututaajamissa, joissa suuri osa liikenteestä on pitkämatkaista läpikulkuliikennettä, taajamaportti tulee ulkopaikkakuntalaiselle autoilijana uutena ja siihen kiinnitetään enemmän huomiota. Tällaisessa kohteessa nopeudet olivat säilyneet vuosi portin jälkeen tehtyjen mitausten tasolla.

3.2.4 Tekstuurit tietunneleissa

Manser ja Hancock (2007) tutkivat ajosimulaattorissa tunnelin seinien erilaisen viivoitusten vaikutuksia nopeuksiin. Tarkasteltiin seuraavia tilanteita: tunnelin seinillä ei ollut viivoitusta, viivoitus oli tasavälistä ja viivat tasapaksuja, viivoitus leveni tai kapeni tunnelissa. Viivoituksen paksuuden vähetessä nopeudet tunnelissa alenivat ja viivoituksen paksuuntuessa nopeudet tunnelissa nousivat. Tutkimuksessa todettiin, että suuret visuaaliset kuviot tunnelin seinissä vaikuttavat merkittävästi nopeuden hahmottamiseen.

Manser ja Hancock (2008) tarkastelivat visuaalisten tekstuurien (kuvioinnin/ärsykkeiden) vaikutusta ajokaistalla pysymiseen tunnelissa. Ajosimulaattoritutkimuksen tulokset osoittivat, että tunnelin seinien kuvioinnilla voidaan vaikuttaa myös ajokaistalla pysymiseen. Tarkastelussa tunneli jaettiin pituussuunnassa neljään osaan, joissa kaikissa oli samanlainen kuviointi seinillä. Tulokset osoittivat ajokaistalla pysymisen heikentyvän viimeisellä osuudella ja tunnelin suuaukon näkymisellä arveltiin olevan merkittävä vaikutus (tekstuurin vaikutus heikkenee, kun tunnelin suuaukko muodostaa merkittävän osan kuljettajan näkymästä).

3.2.5 Vaalea päällystemateriaali

Sagbergin ym. (1999) mukaan harmaa tai muu vaalea päällystemateriaali perinteisen tumman asfaltin asemasta saattaa helpottaa tiellä olevien esineiden havaitsemista ja tielinjan näkyvyyttä pimeässä. Vaalean päällystemateriaalin todettiin parantavan turvallisuutta, vaikkakin tielinjan parempi näkyvyys saattaa johtaa nopeuksien nousuun. Nopeusero vaaleiden ja tummien päällysteiden välillä oli suurempi tien pinnan ollessa märkä. Lisäksi vaalealla materiaalilla päällystetyillä pientareille on havaittu olevan suuri hyötykustannussuhde. Vaalealla materiaalilla päällystetyn pientareen arvioitiin olevan käyttökelpoinen vaihtoehto reunaviivoille.

Scallen ja Carmody (1999) tutkivat taajaman läpi kulkevalle maantielle toteutettujen erilaisten toimenpiteiden vaikutusta kuljettajien käyttäytymiseen ajosimulaattorissa. Tarkasteltavia toimenpiteitä olivat vaalea päällystemateriaali pientareella ja kääntymiskaistalla, tien keskelle ja reunaan sijoitetut raidalliset sulkualuumerkinnot sekä valaisinpylväät molemmin puolin tietä. Vaalean päällystemateriaalin havaittiin alentavan nopeuksia eniten (nopeuden muutos kuitenkin vähäinen). 66 % koehenkilöistä ajoi suuremmalla nopeudella päällystemateriaalin ollessa tumma. Tulokset indikoivat vaalean päällysteen mahdollisia hyötyjä.

3.2.6 Tieympäristön estetiikka

Drottenborg (2002) tutki työssään liikenneympäristön estetiikkaa liikenneturvallisuusnäkökulmasta. Kuljettajien näkökulmasta tarkasteltavat liikenneympäristöt voitiin luokitella seuraavasti: kaunis/ turvallinen, kaunis/ vaarallinen, ruma/ turvallinen ja ruma/ vaarallinen. Kauniit liikenneympäristöt olivat hyvin jäsenneiltyjä ja niissä oli usein kasvillisuutta. Rumat liikenneympäristöt olivat sen sijaan jäsennelemättömiä, tylsiä ja niistä puuttui useimmiten kasvillisuus tai se sijaitsi kaukana.

Estetiikan vaikutusta ajonopeuksiin tutkittiin mittaamalla vapaiden ajoneuvojen nopeuksia samalla katuosuudella katuja reunustaneiden kirsikkapuiden ollessa lehdettömiä ja niiden kukkiessa. v_{85} -nopeuden havaittiin olevan kirsikkapuiden kukkiessa 3 km/h alhaisempi verrattuna lehdettömän ajan mitaustuloksiin. Nopeusrajoitus mittauspisteessä oli 50 km/h. Lisäksi ajonopeuksia mitattiin koehenkilöiden ajaessa sekä kauniissa että rumissa liikenneympäristöissä.

Mittaustulokset osoittivat, että nopeudet olivat kauniissa liikenneympäristössä alhaisemmat kuin rumassa, kun kuljettajat lähtivät pysähtymisen jälkeen uudelleen liikkeelle. Työn tuloksena ehdotettiin estetiikan parempaa hyödyntämistä liikenneympäristön suunnittelussa liikenneturvallisuuden kannalta. Kauniilla liikenneympäristöllä arvioitiin olevan hyötyä ajonopeuden kuin mahdollisesti myös kuljettajan vireystilan kannalta. Lisätutkimuksilla tulisi kuitenkin selvittää, häiritseekö kaunis liikenneympäristö kuljettajan tarkkaavaisuutta ja keskittymistä rumaa ympäristöä enemmän, jolloin esteettisellä liikenneympäristöllä voisi olla jopa negatiivisia vaikutuksia liikenneturvallisuuteen.

3.2.7 Teksti ja symbolit tiemerkintöinä

Tiemerkintöinä käytettyihin teksteihin ja symboleihin liittyen seuraavassa on esitetty tuloksia mm. nuolenkärkikuvioiden ja hirvieläinkuvan osalta. Ajokaisalle merkitystä nopeusrajoituksesta ei sen sijaan löytynyt tietoja.

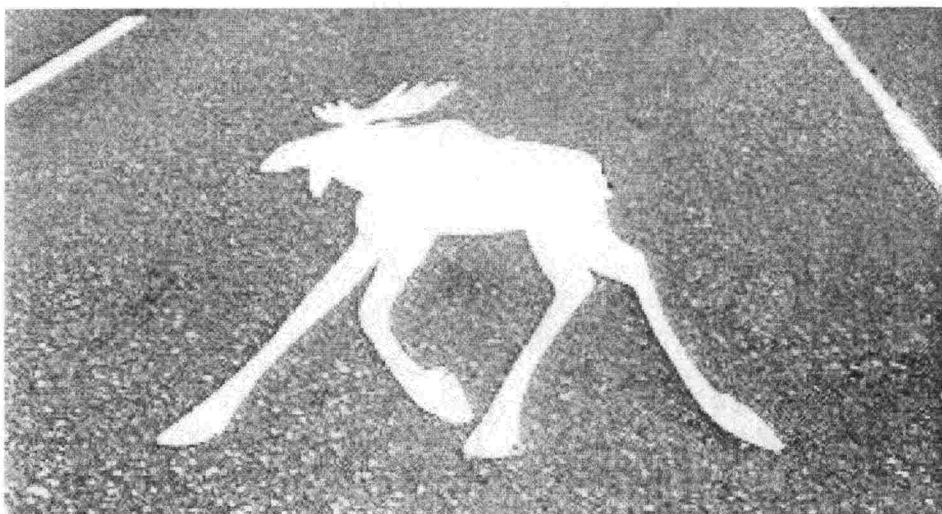
Hämäläinen (1993) selvitti nuolenkärkikuvioiden ja opasteiden vaikutuksia lyhyisiin ajoneuvoväleihin valtiatiellä 8. Nuolenkärkikuviot merkittiin tienpintaan 50 metrin välein kahtena noin kilometrin mittaisena jaksona. Ennen ensimmäistä merkintää tien sivuun oli sijoitettu kolme opastetta, joissa oli esitetty nuolenkärkimerkintöjen hyödyntäminen sopivan etäisyyden pitämiseksi edellä ajavaan. Merkinnoilla havaittiin olevan vaikutusta ajoneuvoväleihin. Lyhyiden ajoneuvovälien osuus kaikista ajoneuvoväleistä oli kokeilun aikaisissa mittauksissa pienempi kuin ennen kokeilua tehdyissä mittauksissa. Ajoneuvojen aikaväleistä havaittiin yhden sekunnin ja sitä lyhyempien aikavälien osuuden vähentyneen alle puoleen. Myös 1 – 1,5 sekunnin aikavälien osuus väheni selvästi ja ajoneuvojen nopeusjakaumassa havaittiin pieniä muutoksia.

Ajoneuvojen osuuden luokassa, jonka yläraja oli 10 km/h ylinopeutta, havaittiin lisääntyneen. Sen sijaan paljon keskiarvosta poikkeavaa nopeutta ajavien kuljettajien nopeuksiin kokeilulla ei näyttänyt olevan vaikutusta. Selvityksessä todettiin, ettei ajoneuvovälien vaikutusta onnettomuuksiin ole pystytty selvästi osoittamaan. Vaikka lyhyiden aikavälien osuutta liikennevirrassa on

onnistuttu vähentämään ja samalla myös onnettomuudet ovat vähentyneet, peräänajot eivät ole kuitenkaan vähentyneet, vaan onnettomuusvähennys on tapahtunut muissa onnettomuustyypeissä.

Britanniassa kokeiltiin vastaavia nuolenkärkikuvioita moottoriteillä ketjukolareiden vähentämiseksi. Moottoritiellä käytettyjen merkkien etäisyys oli 40 metriä ja nopeusrajoitus koeosuudella 110 km/h, jolloin merkintöjen osoittama turvallinen ajoneuvoväli oli 1,6 – 2,0 sekuntia. Nuolenkärkikuviot merkittiin vain moottoritien toisen ajoradan kahdelle uloimmalle kaistalle. Ensimmäisessä kokeilukohteessa merkintöjen vaikutus ajoneuvoväleihin hävisi jo noin puolen vuoden kuluttua, koska merkinnät kuluivat nopeasti. Toisessa kohteessa merkinnät kestivät kulumatta ja niiden vaikutus säilyi lähes muuttumattomana koko tarkasteluajan. Myös ajoradalla, jolle merkintöjä ei tehty, ajoneuvovälien havaittiin kasvaneen. Nuolenkärkikuvioiden vaikutukset nopeuksiin olivat vähäiset. Suurin osa kuljettajista piti merkintöjä hyödyllisinä, merkinnät huomattiin ja ymmärrettiin. Onnettomuudet koeosuuksilla vähenivät, mm. peräänajot vähenivät 40 %. Myös yksittäisonnettomuudet vähenivät merkintöjen myötä. Kaikkiaan onnettomuuksien arvioitiin vähentyneen noin 30 %. (Helliär-Symons, Webster, Skinner 1995)

Tiehallinto kokeili vuosina 2001 – 2006 hirvieläimiä -varoituserkkiä vastaavaa tiemerkinä (kuva 17) Turun, Oulun ja Lapin tiepiireissä tieosuuksilla, joilla tapahtuu paljon hirvi- ja peuraonnettomuuksia. Tiemerkinä tarkoitus oli tehostaa liikennemerkkin viestiä. Ensimmäinen tiemerkinä sijoitettiin heti varoitavan liikennemerkkin jälkeen ja merkkiä toistettiin noin puolen kilometrin välein siten, että merkinä toistui osuudelle 3 – 5 kertaa muistuttaen tienkäyttäjää varoituksen voimassa olosta. Merkinnät tehtiin esimuotoillulla kuumamassalla ja muottien avulla kylmällä kitkaystävällisellä kaksikomponenttimassalla, sillä pelkkien maalausten ei arveltu kestävän liikenteen kuluista, vaikka merkinä oli mitoitettu likimain auton pyörien väliin mahtuvaksi. Tiemerkinä tekeminen osoittautui kustannuksiltaan noin kaksinkertaiseksi varoituserkin pystyttämiseen nähden. (Mänttari 2007)



Kuva 17 Tiehallinnon tiemerkinäkokeilu.

Turun tiepiireissä valtatiellä 1 tehdyissä nopeusmittauksissa keskinopeus ennen tilanteessa oli 92,6 km/h ja jälkeen tilanteessa 94,9 km/h, kun nopeusra-

joitus mittauskohdassa oli 100 km/h. Vastaavasti valtatiellä 8 keskinopeus ennen tilanteessa oli 87,4 km/h ja jälkeen tilanteessa 85,4 km/h, kun nopeusrajoitus mittauskohdassa oli 80 km/h.

Moottoripyöräilijät epäilivät merkintöjen muuttuvan liukkaiksi sateella. Jarrutuskokeet kuitenkin osoittivat merkintöjen olevan riittävän pitäviä. Tiepiirien saama palaute oli positiivista ja merkintöjä toivottiin paikoin lisää. Oulun tiepiiri selvitti tienkäyttäjien mielipiteitä haastatteluilla. 80 – 90 % haastatelluista ilmoitti tarkkaavaisuutensa lisääntyneen ja merkintöjen tehoavan pelkkiä liikennemerkkejä paremmin. Noin kaksi kolmasosaa arvioi hidastaneensa ajonopeuttaan merkintöjen vuoksi. Turun tiepiirin vilkkailla teillä merkintöjen havaittiin kuluvan nopeasti ja piirin arvion mukaan merkintä olisi uusittava vuosittain. (Mänttari 2007)

Merkintöjen vaikutuksia hirvieläinonnettomuuksien määrään selvitettiin onnettomuusseurannalla. Turun tiepiirin kohteissa tapahtui kahden vuoden jaksolla ennen merkintöjä 23 hirvieläinonnettomuutta ja kahden vuoden jälkeen -jaksolla 20 onnettomuutta. Oulun tiepiirin kokeilukohteessa vastaavat onnettomuusluvut olivat 14 ja 6. Osaan kohteista rakennettiin tarkasteluajana hirviaita, joka osaltaan vaikutti onnettomuustarkastelun tuloksiin. Lapin tiepiirin koeosuuksien merkintöjä edeltävän ajan noin 40 vuosittaisen onnettomuuden lukumäärä näyttäisi puolittuneen yhden seurantavuoden tarkastelujen perusteella.

Onnettomuustarkastelujen perusteella varoitusmerkinnällä todettiin olevan ainakin aluksia hirvieläinonnettomuuksia vähentävä vaikutus, joka havaittiin selvimmin suhteellisen vähäliikenteellisillä teillä. Merkintä osoittautui kuitenkin nopeasti kuluva ja kalliiksi uusittavaksi vilkkailla teillä, joiden nopeusrajoitus on korkea. Merkinnästä enimmäkseen pidettiin, mutta toisaalta sen vaikutus ajonopeuksiin jäi vähäiseksi. Merkintää ei esitetty käytettäväksi laajamittaisesti, vaikkakin sen käyttö voisi olla paikallaan erityiskohteissa esim. ilmaisemassa onnettomuusriskin kohoamisesta (riista-aitojen rakentamisen yhteydessä eläinten muuttuneet kulkureitit). (Mänttari 2007)

Maze ym. (2000) ja Retting (1998) tutkivat tekstillisiä tiemerkintöjä (SLOW) yhdessä poikittaisten tiemerkintöjen kanssa. Näiden yhdistelmien on todettu olevan tehokkaampia kuin merkinnät yksinään. Steyvers ja Johnson (2005) puolestaan tutkivat, miten reunapaalulla, ajorataan merkityllä tekstillä, tekstin ja ajorataan merkityn ristin yhdistelmällä, tekstin ja tienvarsiristien yhdistelmällä sekä pelkillä tienvarsiristeillä voidaan vaikuttaa kuljettajien käsitykseen tienkohdan vaarallisuudesta, ja miten kuljettajat ymmärtävät nämä viestit. Tekstiä sisältävien merkintöjen havaittiin antavan kuljettajalle selkeimmän viestin mahdollisesta vaarasta (mm. liian suuresta nopeudesta). Niiden havaittiin olevan myös hyväksyttyjä kuljettajien keskuudessa.

3.2.8 Tärisevät merkinnät

Vaikka tärisevien merkintöjen vaikutus ei perustu visuaalisiin ärsykeisiin vaan niiden yliajattaessa syntyvään ääneen ja tärinään, ne haluttiin mainita tässä yhteydessä, sillä niillä voidaan tehostaa visuaalisia keinoja.

Suomessa käytetyt tärisevät merkinnät ovat tyypillisesti tien reuna- tai keskiviivojen yhteyteen painettuja tai jyrskyttäviä merkintöjä eivätkä ne siten itses-

sään tuota juurikaan visuaalista ärsykettä. Niiden tarkoituksena on tärinällä ja äänellä havahduttaa merkinnän päälle ajautuneen ajoneuvon kuljettaja. Lisäksi Suomessa käytetään profiloituja, kohollaan olevalla tiemerkintämasalla tehtyjä täristäviä merkintöjä, joiden tuottama ääni- ja tärinä-ärsyke on painettuja ja jyrsettäviä merkintöjä vaimeampi ja jotka myös kuluu nopeammin. Täristävillä merkinnöillä on useissa tutkimuksissa todettu olevan myönteisiä turvallisuusvaikutuksia. Etenkin suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksien riskin on havaittu vähentyvän (mm. Räsänen 2002, ATSSA 2006). Täristävät merkinnät vaikuttavat lähinnä ajoneuvon sivuttaissijaintiin, vähemmän ajonopeuksiin. Täristävää merkintää voidaan käyttää myös koko ajokaistan levyisenä esim. liittymää lähestyttäessä tai tietyömailla niin sanottuna heräteraitana.

Edellä esitettyjen tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että täristävillä merkinnöillä voidaan parantaa puhtaasti visuaalisten keinojen tehoa. Lisäksi täristävien viivojen vaikutuksen on arvioitu olevan pitkäkestoinen. Merkinnän teho saattaa ainakin osittain perustua tärinään liittyvään epämukavuuteen.

4 YHTEENVETO KIRJALLISUUSSELVITYKSEN TULOKSISTA

4.1 Yleistä

Visuaalinen informaatio on kuljettajalle välttämätöntä ajon aikana ja sillä on huomattava merkitys ajotehtävästä suoriutumisen kannalta. Ohjaamisen, eli ajoneuvon sivuttaissijainnin hallinnan, kannalta ensisijaisia tietolähteitä ovat pituussuuntaiset tiemerkinnot, reuna- ja keskiviivat. Liikenneympäristön visuaalisilla ärsykkeillä voidaan olettaa olevan merkittävä rooli myös nopeuden säätelyssä. Nopeuden ja informaation käsittelystä kuljettajalle aiheutuvan kuormituksen välillä on todettu olevan selkeä yhteys. Nopeuden sovitaminen näyttäisi toimivan kuljettajan kuormituksen säätökeinona siten, että kuormituksen kasvaessa korkeaksi kuljettaja esimerkiksi ajonopeutta alentamalla pyrkii pienentämään kuormituksen hyväksyttävälle tasolle. Tieympäristö saattaa tietyissä tilanteissa vaikuttaa nopeuden valintaan jopa enemmän kuin nopeusrajoitus.

Liikenneympäristön visuaalisilla keinoilla pyritään toisaalta tuottamaan kuljettajalle jatkuvaa tietoa ohjaamisen tueksi (reuna- ja keskiviivat) sekä toisaalta visuaalisilla ärsykkeillä luomaan kuljettajalle mielikuva todellisuutta suuremmasta nopeudesta ja siten tarpeesta alentaa ajonopeutta.

Ajonopeuksien ja onnettomuuksien yhteydestä voidaan todeta, että keskinopeuden muutoksella on suurin vaikutus seurauksiltaan vakaviin onnettomuuksiin ja pienelläkin keskinopeuden muutoksella voidaan saavuttaa huomattavia turvallisuushyötyjä. Nilssonin (2000) mallin mukaan jo 5 km/h keskinopeuden aleneminen vähentää jopa 20 % kuolemaan johtavien onnettomuuksien määrää.

Läpi käydyssä kirjallisuudessa visuaalisilla keinoilla nähtiin olevan mahdollisuuksia vaikuttaa kuljettajien ajokäyttäytymiseen, ajonopeuksiin ja liikenneturvallisuuteen. Monilla keinoilla on mahdollista alentaa ajonopeuksia ja siten parantaa liikenneturvallisuutta. Toisaalta keinoja on tarkasteltava kriittisesti, sillä monet niistä saattavat nostaa nopeuksia tielinjan parantuneen optisen ohjauksen takia ja tällöin niillä saattaa olla negatiivisia vaikutuksia liikenneturvallisuuteen.

Kirjallisuusselvityksessä esille nousseet visuaaliset keinot on suunniteltu erilaisiin tilanteisiin. Niillä on alun perin pyritty mm. parantamaan tien optista ohjausta, alentamaan paikallisesti nopeuksia, varoittamaan kuljettajia tai vähentämään hirttonnettomuuksia tai peräänajoja. Osalla keinoja on onnistuttu vaikuttamaan, kuten alun perin on toivottu, mutta osan vaikutukset ovat olleet jopa päinvastaiset.

Kirjallisuudessa tehokkaimpina keinoina pidettiin ratkaisuja, jotka vaikuttavat kuljettajan mielikuvaan nopeuden suuruudesta pienentämättä kuitenkaan todellisia turvallisuusmarginaaleja (kaistan visuaalinen kaventaminen) ja joista kuljettaja saa eniten suoraa palautetta toiminnastaan (tärinää ja ääntä tuottavat merkinnot yhdessä visuaalisten ärsykkeiden kanssa).

Suomen tieverkolla kokeiltavien visuaalisten keinojen osalta pidettiin tärkeänä, että niitä on aiemmin testattu todellisessa liikenneympäristössä. Monet tässä työssä esitellyt tutkimustulokset perustuvat ajosimulaattorissa tehtyihin kokeisiin, jolloin keinojen vaikutuksia todellisessa ympäristössä on vaikea arvioida. Mm. Östlund, Nilsson, Törnros ja Forsman (2006) sekä Charlton (2007) ovat todenneet ajosimulaattoriin liittyvän tekijöitä, jotka johtavat suurempiin ajonopeuksiin, riskienottoon sekä alhaisempaan kuormitukseen verrattuna ajoon todellisessa liikenneympäristössä. Ajosimulaattorissa onnettomuuden ja sen seurausten simulointi on mahdotonta ja tämän on havaittu vaikuttavan kuljettajien kokemaan riskiin.

4.2 Leveä keskialue

Teiden ja kaistojen kaventamisen on todettu alentavan ajonopeuksia, mutta toisaalta kapeammilla teillä on suurempi onnettomuusriski. Kaistojen visuaalisen kaventamisen periaatteena on alentaa nopeuksia ilman kapeille teille tyypillistä korkeaa onnettomuusriskiä. Kaistojen visuaalinen kaventaminen voidaan tehdä esimerkiksi leventämällä keskiviiva keskialueeksi ja siirtämällä ajokaistaa pientareelle päin, jolloin piennar kapenee.

Leveää keskialuetta on tutkittu sekä ajosimulaattoreissa että kenttäkokeilla. Mm. Tanskassa ja Norjassa leveästä keskialueesta on saatu positiivisia tuloksia. Norjassa leveä keskialue on suunnittelustandardi 10 metriä leveille teille.

Leveä keskialue siirtää vastakkaissuuntaiset ajoneuvovirrat kauemmaksi toisistaan, lisää turvallisuusmarginaalia niiden välillä ja vähentää kohtaamisonnettomuusriskiä. Vastakkaisten ajoneuvovirtojen sivuttaissuuntaisen etäisyyden on havaittu kasvavan 60 – 72 cm perinteiseen keskiviivaan verrattuna.

Leveän keskialueen merkitseminen alentaa keskinopeuksia ja v_{85} -nopeuksia. Keskinopeuksien on havaittu laskeneen 1 – 3 km/h. Leveän keskialueen vaikutuksen on havaittu säilyneen vuoden jälkeen toteuttamisesta tehdyissä mittauksissa samalla tasolla tai nopeuksien on jopa havaittu hieman edelleen alentuneen.

Leveän keskialueen merkinnän vaikutuksista onnettomuuksiin ei vielä ole saatu tietoja Norjasta tai Tanskasta. Nilssonin mallin mukaan 1 – 3 km/h keskinopeuden aleneminen tarkoittaa noin 4 – 11 % vähemmän kuolonkolareita ja vastaavasti 2 – 6 % vähemmän loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia. Leveällä keskialueella on ajateltu voitavan vaikuttaa erityisesti pääteiden kohtaamisonnettomuuksiin.

Ajosimulaattoreissa tehdyissä kokeissa leveän keskialueen ja kaistojen kaventamisen yhdistelmällä on havaittu saatavan aikaan suurimmat nopeusmuutokset (5 km/h). Ajosimulaattorikokeissa keskialueen leveys oli 2,3 m ja kaistan leveys 2,5 – 3 m. Kenttäkokeissa leveän keskiviivan ja kapeiden kaistojen yhdistelmän havaittiin vähentäneen poliisin tietoon tulleita onnettomuuksia noin 20 % ja henkilövahinko-onnettomuuksia noin 36 %.

Keskilinjän merkinnän tulee olla riittävän leveä (norjalaisessa ja tanskalaisessa tutkimuksessa 1 m, hollantilaisen tutkimuksen suositus 2,3 m). Toi-

saalta kavennetun kaistankin täytyy olla riittävän kapea, jotta ajonopeuksien aleneminen on havaittavissa (hollantilaisessa tutkimuksessa alle 3 m, suositus 2,5 m). Tärisevillä merkinnoilla voidaan tehostaa keskilinjän merkintää.

4.3 Poikittaiset tiemerkinnot

Poikittaisilla tiemerkinnoilla pyritään luomaan kuljettajille mielikuva todellista suuremmasta nopeudesta, kiihtyvistä nopeudesta tai kapeammasta ajokaistasta, minkä toivotaan johtavan ajonopeuksien alenemiseen. Poikittaisten tiemerkinnot arvelaan myös parantavan kuljettajan valppautta. Siten poikittaiset tiemerkinnot sopivat hyvin pistemäisiin kohteisiin viestimään kuljettajille muuttuvista olosuhteista ja nopeuden alentamistarpeesta esimerkiksi saavuttaessa taajamaan, lähestyttäessä liittymää tai kaarretta sekä tietyömaille ja moottoriteiden erkanemisrampeille. Lisäksi poikittaisia merkintöjä on käytetty kohteissa, joissa ylinopeudet ja niistä aiheutuvat onnettomuudet ovat yleisiä.

Poikittaiset tiemerkinnot voivat olla joko koko ajokaistan levyisiä tai sijaita vain kaistan reunoilla. Koko ajokaistan levyisiä merkintöjä on pidetty tehokkaampina, mutta ne kuluvat nopeammin kuin kaistan reunoilla sijaitsevat merkinnot. Lisäksi kaistan reunoilla sijaitsevilla merkinnoilla on suurempi kaistaa kaventava vaikutus.

Poikittaisten tiemerkinnot on havaittu alentavan sekä keskinopeuksia että vähentävän suuria nopeuksia. Koko kaistan levyisten merkintojen on havaittu laskevan nopeuksia paikoittain jopa 5 – 16 km/h ja kaistan reunoilla sijaitsevien merkintojen 1 – 6 km/h. Nilssonin mallin mukaan 1 – 16 km/h keskinopeuden aleneminen tarkoittaa noin 4 – 50 % vähemmän kuolonkolareita ja vastaavasti 2 – 29 % vähemmän loukkaantumiseen johtaneita onnettomuuksia. Poikittaisilla tiemerkinnoilla on ajateltu voitavan vaikuttaa etenkin liian suuresta nopeudesta johtuviin onnettomuuksiin pistemäisissä kohteissa.

5 KOKEILUEHDOTUKSET, -KOhteet JA TURVALLISUUSPOTENTIALI SUOMESSA

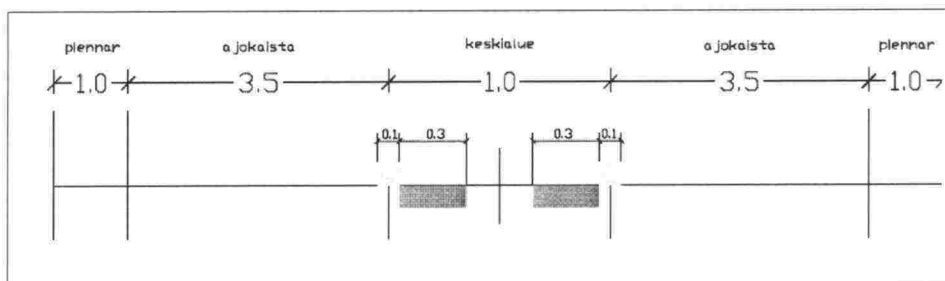
Kirjallisuusselvityksen perusteella visuaalisista keinoista Suomen teille sopivat parhaiten kokeiltavaksi leveä keskialue ja poikittaiset tiemerkinnot. Seuraavassa esitellään kokeiltavaksi ehdotettavat ratkaisut tarkemmin, mahdolliset kokeilukohteet sekä keinojen turvallisuuspotentiaali Suomessa.

5.1 Leveä keskialue

Leveää keskialuetta on tutkittu Tanskassa ja Norjassa kohtaamisonnettomuuksien vähentämiseksi tieosuuksilla, jotka ovat liian kapeita keskikaiteen rakentamiselle. Norjassa leveä keskialue on otettu suunnittelustandardiksi ohituskielto-osuuksilla teillä, joiden päällysteen leveys 10 metriä.

Suomessa leveää keskialuetta olisi mahdollista käyttää liikenneturvallisuuden parantamiseksi välivaiheena ennen keskikaiteen rakentamista tai osuuksilla, joille keskikaiteen ja ohituskaistojen rakentaminen ei ole mahdollista tai kannattavaa (KVL alle 6000 ajon./vrk, erikoiskuljetus reitti, keskikaiteelle riittämätön poikkileikkaus). Kun keskikaide rakennetaan kaksikaistaisille teille, Tiehallinnon (2006) suunnitteluohjeen mukaan poikkileikkauksen leveyden minimiarvo kaksikaistaisessa kohdassa on 10 m ja ohjearvo 12,5 m.

Suomessa kokeiltavaksi esitettävän leveän keskialueen mitat on esitetty kuvassa 18. Keskialueen leveys on 1 m ja ajokaistojen 3,5 m, pientareiden leveydeksi tällöin poikkileikkaukseltaan 10 m leveälle tielle jää 1 m. Keskialueen viivat (sulkuviiva ja keskiviiva) sijoitetaan metrin levyisen keskialueen reunoille. Kaksisuuntaisille ohituskielto-osuuksille molempien sulkuviivojen viereen jyrksitään tärinäviivat. Osuuksilla, joilla ohittaminen on vähintään toiseen suuntaan sallittu, tärisevä merkintä jyrksitään keskialueen keskelle. Liitteessä 1 on esitetty tarkemmin leveän keskialueen mitoitus- ja merkintäperiaatteet ohituskielto-osuuksilla ja osuuksilla, joilla ohittaminen on sallittu.



Kuva 18 Leveän keskialueen mitoitus- ja merkintäperiaate ohituskieltoalueella.

Edelle esitetyn mitoituksen mukaisena leveä keskialue sopii teille, joiden päällysteleveys on 10 m ja ajoradan leveys 8 m. Merkintää voidaan toteuttaa myös kapeammille teille, jos ajokaistalle tai pientareelle hyväksytään edellä esitettyä pienempi leveys.

Norjassa poikkileikkausta suunniteltaessa 3,5 metrin kaistaleveyteen päädyttiin 3,0 metrin sijasta, koska leveämmällä kaistalla ajolinjojen arveltiin sijoituvan kauemmaksi keskialueesta lisäten turvallisuusmarginaalia vastakkaisen liikennevirtojen välillä ja toisaalta pelättiin päälysteen urautumista kapeammasta kaistasta aiheutuvan yhtenäisemmän ajolinjan takia. Sen sijaan Ruotsissa keskikaideosuuksilla kaistan leveytenä käytetään 3,25 metriä. Suomessa olisi mahdollista kokeilla leveän keskialueen ja kavennettujen kaistojen (kaistaleveys 3,25 m) yhdistelmää, kun päälysteen leveys on alle 10 m.

Norjassa leveän keskialueen käyttöä poikkileikkaukseltaan kapeammilla teillä on myös pohdittu. Tällöin, mikäli ajokaistoja ei kavenneta, piennar kavennuu merkittävästi ja kevyen liikenteen liikkuminen mahdollisesti vaikeutuu. Suomalaisessa kevyen liikenteen suunnitteluohjeessa (Tielaitos 1998) pientareen minimileveydestä on todettu seuraavaa: moottoriajoneuvojen keski- vuorokausiliikenteen ollessa yli 1500 ajoneuvoa vuorokaudessa ja nopeusrajoituksen yli 80 km/h tulisi päälystetyn pientareen olla vähintään 75 cm valta-, kanta- ja seututeillä, joiden kevyen liikenteen määrät ovat alhaisia (50 - 100 jalankulkijaa tai pyöräilijää vuorokaudessa).

Norjassa leveän keskialueen yhteydessä käytettävien keskiviivojen leveys on 20 cm. Leveämmillä keskiviivoilla voidaan tehostaa visuaalista ärsykettä, toisaalta merkinnän parempi näkyvyys saattaa nostaa nopeuksia. Suomessa kokeilussa pituussuuntaisten tiemerkintöjen leveytenä ehdotetaan käytettävän 10 cm. Leveä merkintä saattaa olla ylitettäessä liukas etenkin moottoripyörällä ajettaessa.

Leveän keskialueen on todettu alentavan keskinopeuksia ja v85-nopeuksia 1 - 3 km/h. Lisäksi leveä keskialue siirtää vastakkaissuuntaiset ajoneuvovirrat kauemmaksi toisistaan, lisää turvallisuusmarginaalia niiden välillä ja vähentää siten kohtaamisonnettomuusriskiä.

Ongelmallisia kohteita leveän keskialueen merkinnän kannalta ovat mahdollisesti sillat ja muut tien poikkileikkauksen kavennukset sekä liittymät, joissa on kääntymiskaistoja. Jos poikkileikkaus on kapeampi esimerkiksi sillan kohdalla, ajokaistan siirtäminen pientareen suuntaan ei välttämättä onnistu siten, että kevyelle liikenteelle jäisi vielä riittävästi tilaa pientareelle. Näissä kohteissa leveä keskialue voidaan kaventaa perinteiseksi keskiviivamerkinnäksi. Kavennus on kuitenkin tehtävä riittävän pitkällä matkalla, jotta ajolinjan muutoksesta ei tule nopeustasoon nähden liian jyrkkä. Kääntymiskaistatomissa ja kanavoimattomissa liittymissä merkintä voidaan jatkaa sellaiseen liittymän läpi. Kanavoiduissa liittymissä leveä keskialue voidaan sulauttaa kanavointiin. Liittymissä, joissa on kääntymiskaistoja eikä ajokaistaa voida siirtää pientareelle päin tilan puutteen takia, ratkaisut on suunniteltava tapauskohtaisesti.

Leveän keskialueen merkinnän ei pitäisi vaikuttaa moottoripyöriin, sillä ohitusosuuksilla merkintä poikkeaa melko vähän perinteisestä keskiviivamerkinnästä. Jyrsittyä keskiviivaa käytetään nykyään Suomessa ohitusosuuksilla. Ainoastaan erikoistilanteissa, joissa moottoripyöräilijä joutuisi ylittämään leveän keskialueen sulkuviivojen kohdalla, merkintä saattaa kaksinkertaisten jyrsintöjen takia olla epämurkava ylittää. Kaksinkertaisilla sulkuviivan viereen sijoitetulla jyrsinnällä pyritään havahduttamaan väsynyt tai tarkkaamaton kuljettajan mahdollisimman aikaisin tämän ajautuessa tahattomasti vastakkai-

sen ajokaistan suuntaan. Jyrsityllä merkinnällä parannetaan pelkän visuaalisen merkinnän tehoa ja lisätään merkinnän estevaikutusta. Vaikka keskialue on leveä, sen ei oleteta vaikuttavan juurikaan ohituksiin.

Tanskassa ja Norjassa kuljettajille ei tiedotettu uusista tiemerkinnoista tai toivottavasta ajotavasta. Tanskassa tehdyssä haastattelututkimuksessa merkintöjen tulkinta ei aiheuttanut kuljettajille ongelmia. Myöskään Norjassa ei ole havaittu ongelmia merkintöjen tulkinnassa. Uusien merkintöjen kokeilusta olisi kuitenkin hyvä tiedottaa tienkäyttäjää.

Talvikunnossapitoon on kiinnitettävä huomiota, vaikkei sen Norjassa ole todettu aiheuttavan ongelmia. Hankalimpia tilanteita saattavat olla ne, jolloin tietä ei ole aurattu lumisateen jälkeen. Leveän keskialueen peittyessä lumeen leveä keskialue on vaikea havaita ja kuljettajat saattavat aluksi ajaa merkinnän päällä.

Plussat ja miinukset:

- + etäisyys vastakkaissuuntaisten liikennevirtojen välillä kasvaa, mikä vähentää kohtaamisonnettomuus riskiä
- + alentaa nopeuksia 1 – 3 km/h
- sillat ja muut kavennukset
- pientareen kaventuminen ja kevyt liikenne, mikäli leveää keskialuetta toteutetaan poikkileikkaukseltaan alle 10 m teille eikä ajokais-toja tällöin kavenneta

Luvussa 5.3. on esitetty soveltuvuustarkastelun tulokset leveän keskialueen osalta. Leveän keskialueen merkintöjen käyttöä rajoittaa lähinnä vain nykyinen päällysteen leveys ja yleistymässä olevat keskikaiteet.

5.2 Tiet, joille leveä keskialue soveltuisi

Kun etsitään tieosuuksia, joille voi toteuttaa leveän keskialueen merkinnän, keskeisin huomioon otettava asia on nykyinen päällysteen leveys. Kuvassa 18 on esitetty keskialueen (1 m) ja ajokaistojen (3,5 m) leveydet kokeiltavaksi ehdotettavan leveän keskialueen merkinnän yhteydessä. Esitetyt leveydet edellyttävät 10 m päällysteleveyttä ja 8 m ajoradan leveyttä. Ajoradan leveydeksi riittää 7,5 m, jos päällystetyn pientareen leveydeksi hyväksytään 0,75 m tai jos ajokaistan leveydeksi hyväksytään 3,25 m. Tarvittava päällystetyn pientareen leveys riippuu kevyen liikenteen määrästä. Moottoriajoneuvojen keskivuorokausiliikenteen ollessa yli 1500 ajoneuvoa vuorokaudessa ja nopeusrajoituksen yli 80 km/h tulisi päällystetyn pientareen olla vähintään 75 cm valta-, kanta- ja seututeillä, joiden kevyen liikenteen määrät ovat alhaisia (50 – 100 jalankulkijaa tai pyöräilijää vuorokaudessa) (Tielaitos 1998).

Jos leveä keskialueen merkintä osoittautuu Suomessa tehokkaaksi ajonopeuden alentajaksi, todennäköinen käyttökohde olisivat haja-asutusalueen kaksikaistaiset vilkkaat tiet. Leveä keskialueen merkintä on edullisinta toteuttaa päällysteen uusimisen yhteydessä, joten se kävisi verrattain lyhytaikaiseksi, muutaman vuoden käytössä olevaksi ratkaisuksi teille, joille on suunnitteilla keskikaide. Pysyväksi ratkaisuksi se soveltuisi niille pääteille, joille ei ole suunnitteilla keskikaidetta esimerkiksi tien kapeuden tai erikoiskuljetusten reittien vuoksi. Leveää keskialueen merkintää tarkastelevassa tutkimuk-

sessä koekohteen on syytä olla vaihtuvien nopeusrajoitusten ja poliisin automaattisen nopeusvalvonnan ulkopuolella, jotta näistä johtuvat ajonopeuksien vaihtelut eivät häiritse koeasetelmaa. Muuten vaihtuvat nopeusrajoitukset tai automaattinen nopeusvalvonta eivät rajoita leveiden keskialueen merkintöjen käyttöä.

Yksiajorataisista kaksikaistaisista maanteistä, joiden keskimääräinen vuorokausiliikenne on vähintään 1500 autoa vuorokaudessa ja nopeusrajoitus 80 - 100 km/h, vähintään 10 metriä leveitä on noin 1800 km (taulukko 1). Päällysteen leveyden perusteella näille teille voisi siis soveltaa kuvassa 18 esitettyjä keskialueen, kaistojen ja pientareen leveyttä. 9,5–9,9 m päällyste-leveys on noin tuhannella tiekilometrillä. Näille teille voisi toteuttaa leveän keskialueen merkinnän, jos kaistanleveydeksi hyväksytään 3,25 m tai jos kevyen liikenteen vähäisyys mahdollistaa alle 1 m päällystetyn pientareen.

Taulukko 1 Yksiajorataiset kaksikaistaiset maantiet, joiden kvl vähintään 1500 autoa/vrk ja nopeusrajoitus 80–100 km/h, päällysteen leveyden mukaan ryhmiteltyinä. Onnettomuustiedot ovat vuosilta 2003–2007.

Päällysteen leveys (m)	pituus km	keski-määräinen vuorokausiliikenne	Henkilövahinko-onnettomuudet / vuosi ja 100 km			Liikennekuolemat / vuosi ja 100 km	
			kaikki	kohtaamis-	suistumis-	kaikki	kohtaamis-
alle 7	504	2038	8,5	1,2	4,5	0,7	0,4
7,0-7,4	697	2257	8,2	1,1	3,4	0,6	0,2
7,5-7,9	3223	2698	8,4	1,1	3,1	0,9	0,4
8,0-8,4	666	3514	11,8	1,3	4,0	1,2	0,5
8,5-8,9	1084	4437	14,5	1,8	4,5	2,0	0,8
9,0-9,4	809	4991	14,7	1,9	4,0	1,8	0,9
9,5-9,9	1010	4876	14,9	1,6	4,0	1,3	0,6
10,0-10,9	1419	5468	15,9	2,5	4,5	1,9	1,0
11,0-11,9	54	7821	26,7	2,2	6,3	3,0	1,5
12,0-12,9	202	8433	26,2	4,4	6,6	3,4	1,6
13 m tai enemmän	147	6832	20,3	3,3	6,1	1,8	0,7
Yhteensä	9814	3902	12,2	1,6	3,9	1,3	0,6

Jos leveä keskialueen merkintä tehtäisiin 500 kilometrille teitä, joiden leveys on 10,0–10,9 m ja jos se alentaisi keskinopeutta näillä teillä 1,5 km/h (tanskalaisessa kokeilussa 1–2 km/h, norjalaisessa 2,7 km/h), merkitsisi se Nils-sonin kaavalla laskettuna seuraavia vaikutuksia: noin 7 % ($\approx 0,6$ kpl/a) vähemmän kuolonkolareita ja 3 % (≈ 3 kpl/a) vähemmän henkilövahinko-onnettomuuksia. Tämän onnettomuussäästön laskennallinen arvo olisi noin 2 000 000 € (Tieliikenteen ajokustannukset 2005). Norjalaisessa kokeilussa ajokaistaa ei kavennettu, vaan sen leveys pysyi 3,5 metrissä, kuten Suomessakin todennäköisesti tehtäisiin. Siten keskinopeuden aleneminen saattaisi Suomessakin olla suurempaa kuin edellä esitetty 1,5 km/h, ja turvallisuusvaikutuksetkin olisivat vastaavasti suuremmat.

Leveällä keskilinjän merkinnällä on ainakin seuraavanlaiset liikenneturvallisuusvaikutukset:

- Jos leveä keskialueen merkintä alentaa nopeuksia, se vähentää kaiken tyyppisiä onnettomuuksia, koska nopeuden aleneminen antaa kuljettajalle lisää aikaa mm. reagoida yllättäviin tilanteisiin, esimerkiksi hirvieläimiin, maatalouskoneisiin ja sivutieltä tuleviin tai vastakkaisesta suunnasta omalle kaistalle ajautuviin autoihin.
- Koska leveä keskialueen merkintä siirtää vastakkaisten ajosuuntien ajolinjat kauemmas toisistaan, se todennäköisesti vähentää kohtaamisonnettomuuksia. Teillä, joiden päällysteen leveys on vähintään 10 metriä, henkilövahinko-onnettomuuksista 26 % oli kohtaamisonnettomuuksia ja 47 % liikennekuolemista oli seurausta kohtaamisonnettomuuksista.

Leveän keskialueen merkinnän vaikutusta liikenneturvallisuuteen ei kyettäne havaitsemaan vertailemalla onnettomuusmääriä ennen merkinnän toteuttamista ja sen toteuttamisen jälkeen. Odotettavissa oleva onnettomuusvähenemä on siinä määrin vähäinen, että luotettava tieteellinen tutkimus vaatisi erittäin suuren määrän tiekohteita ja usean vuoden seurantajakson, jona aikana tutkimusteille ei tehtäisi muita liikenneturvallisuuteen vaikuttavia muutoksia. Liikenneturvallisuusvaikutuksia voidaan arvioida mittaamalla nopeuksia ja ajoneuvojen sivuttaissijainti, havainnoimalla ohituksia sekä seuraamalla yksittäisen kuljettajan käyttäytymistä esimerkiksi instrumentoidulla autolla.

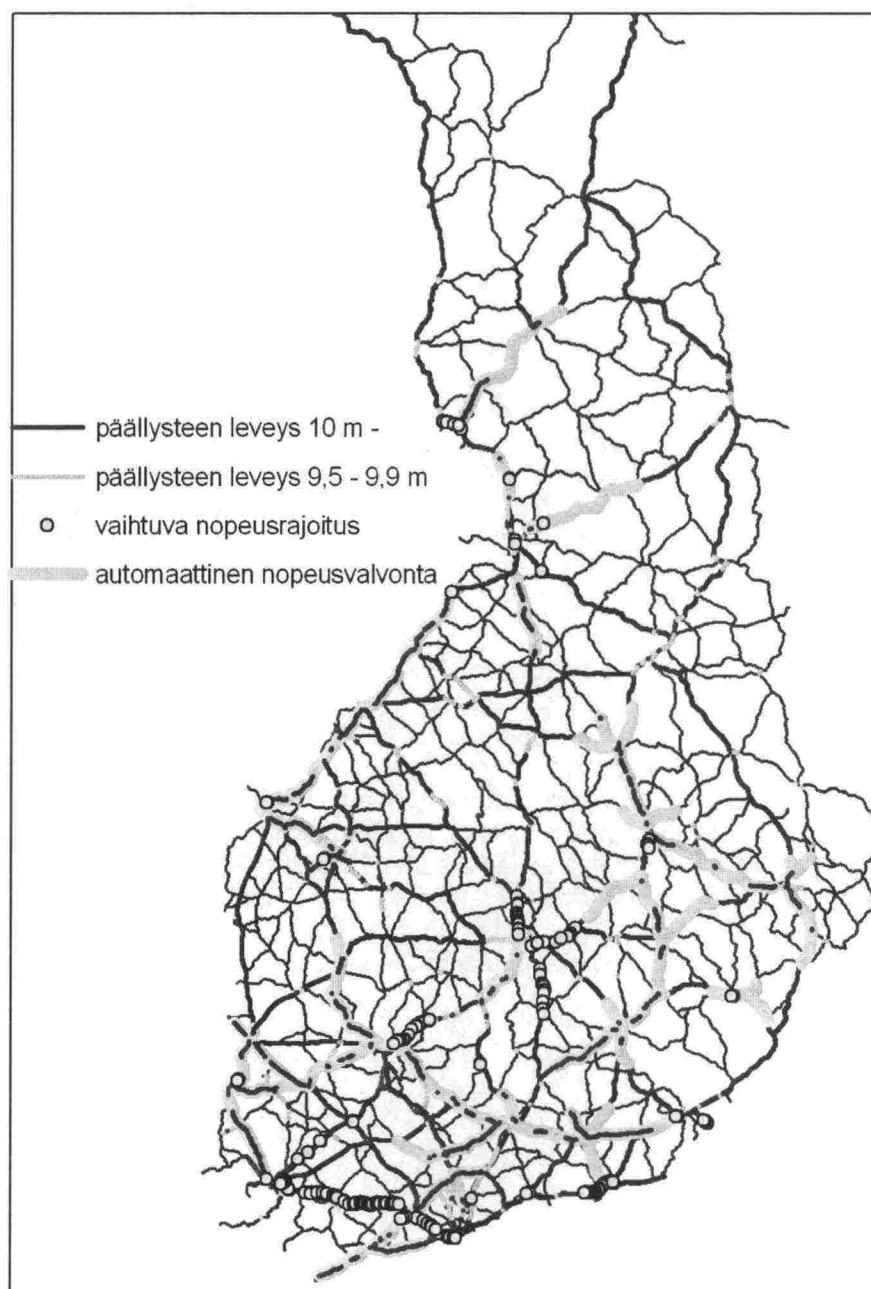
Leveää keskialueen merkintää kokeiltaessa kokeilukohteen tulisi olla vähintään 20 km pitkä yhtenäinen tiejakso, jotta autoilijoiden nopeus ja ajolinjat ehdisivät vakiintua ennen nopeuksien ja sivuttaissijainnin mittausta. Mahdollisia kokeilukohteita olisivat alustavan tarkastelun perusteella esimerkiksi:

- vt 3 Parkano – Jalasjärvi (suunnitteluvaiheessa vt 3 Tampere Vaasa laatuksen parantaminen, toteutus 2011 eteenpäin)
- vt 8 Närpiö – Vaasa
- vt 18 Jyväskylä – Petäjävesi
- vt 19 Jalasjärvi – Seinäjoki
- vt 19 Kauhava - Uusikaarlepyy
- kt 55 Mäntsälä – Porvoo

Nämä kohteet poimittiin kuvassa 19 esitetyistä tieosuuksista. Tieosuuksista päällyste on tierekisterin mukaan 10 m leveä, eli leveän keskialueen merkinnän voisi toteuttaa kuvan 18 mukaisilla ajokaistan (3,5 m) ja keskialueen (1 m) leveyksillä. Tieosuudet poimittiin sillä perusteella, että ne ovat kyllin pitkiä, vähintään 20 km, eikä niillä ole automaattista nopeusvalvontaa, vaihtuvia nopeusrajoituksia, eikä merkittäviä tietöitä tiedossa lähivuosina. Tiedot tietöistä tarkistettiin Tiehallinnon käynnissä olevia ja tulevia tiehankkeita esittelevalta internet-sivuilta.

Koekohde valitaan yhdessä tiepiirin kanssa, jolloin osa yllä luetelluista tieosuuksista saattaa osoittautua huonosti kokeiluun sopiviksi.

Koekohteeksi esitetään ensisijaisesti valittavan tieosuus, jonka päällysteen leveys on 10 m ja nopeusrajoitus 80 – 100 km/h. Tällöin leveän keskialueen mitoitus voidaan toteuttaa kuvan 18 mukaisesti (ajokaistan leveys 3,5 m ja keskialueen leveys 1 m). Liikennemäärän ei katsota olevan keskeinen kriteeri koekohdetta valittaessa.



Kuva 19 Maantiet joilla päällysteen leveys on vähintään 9,5 metriä, keskimääräinen vuorokausiliikenne ylittää 1500 autoa ja nopeakrajoitus on 80–100 km/h.

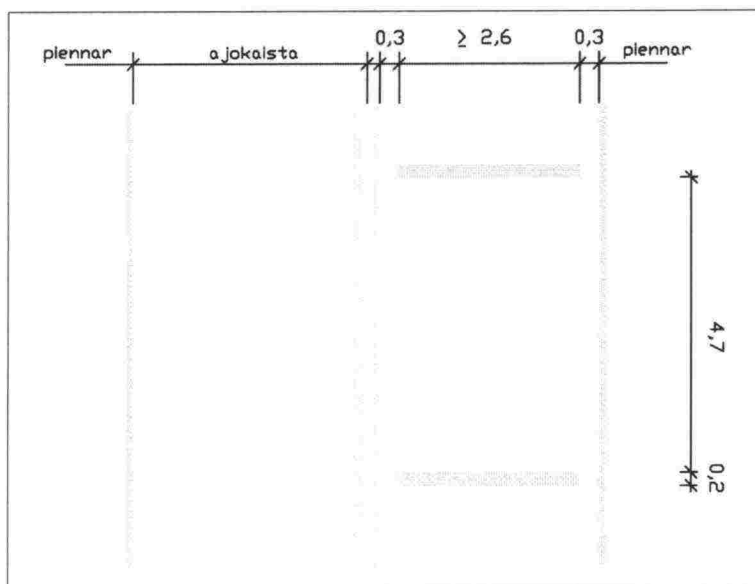
5.3 Poikittaiset tiemerkinnot

Poikittaiset merkinnot sopivat pistemäisiin kohteisiin viestimään kuljettajalle muuttuvista olosuhteista ja nopeuden alentamistarpeesta saavuttaessa taa-jamaan (taajamaportin yhteydessä), lähestyttäessä liittymä tai kaarretta sekä tietyömailla ja moottoriteiden erkanemisrampeilla. Koko ajokaistan levyiset poikittaiset tiemerkinnot soveltuvat kohteisiin, joissa pysähtyminen on toden-

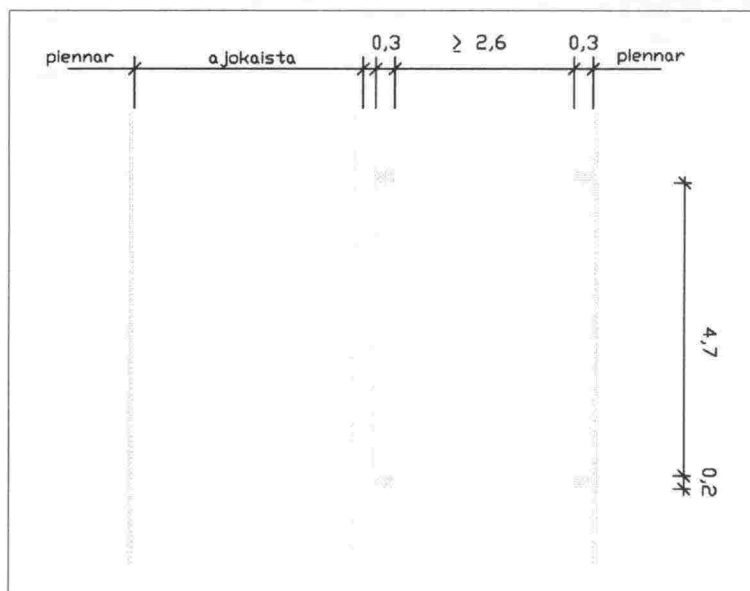
näköistä eli kuljettajan on alennettava nopeutta reilusti ja valmistauduttava pysähtymään. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi väistämisvelvolliset suunnat liittymissä tai kiertoliittymä. Koko kaistan levyiset merkinnät soveltuvat näihin kohteisiin hyvin, sillä niiden on todettu alentavan nopeuksia tehokkaasti. Ajokaistan reunalla sijaitsevat merkinnät soveltuvat sen sijaan paremmin kohteisiin, joissa ei ole tarvetta pysähtyä (esimerkiksi etuajo-oikeutettu suunta liittymässä, kaarre linjaosuudella tai taajamaportti).

Suomessa koko ajokaistan levyisillä poikittaisilla merkinnöillä voisi alentaa nopeuksia esimerkiksi kohteissa, joissa moottoritienäinen väylä, jonka nopeusrajoitus on korkea, päättyy taajamaan saavuttaessa valo-ohjattuun liittymään tai kiertoliittymään sekä väistämisvelvollisilla ajosuunnilla ennen liittymää. Näissä kohteissa poikittaiset tiemerkinnot toimisivat huomion herättäjinä. Vastaavasti ajokaistan reunoissa sijaitsevilla poikittaisilla merkinnöillä voisi alentaa nopeuksia esimerkiksi taajamaporttien yhteydessä tai pääsuunnalla maanteiden liittymissä, joissa nopeusrajoitus on porrastettu ja joissa ei ole liikennevaloja tai kiertoliittymää. Näissä kohteissa kaistan reunoilla sijaitsevat poikittaiset merkinnät tehostaisivat alennetun nopeusrajoituksen vaikutusta.

Suomessa kokeiltaviksi esitettävien poikittaisen tiemerkinnotin pituus ajosuunnassa on 20 – 30 cm ja kaistan reunassa sijaitsevan merkinnän leveys 30 – 45 cm riippuen kaistan leveydestä siten, että merkintöjen väliin tien poikkisuunnassa jää vähintään noin 2,6 m (raskaan ajoneuvon akseliväli 2,3 m). Koko ajokaistan levyisen merkinnän ja pitkittäisten tiemerkinnotin väliin jää 30 cm. Kuvassa 20 on esitetty koko ajokaistan levyisen poikittaisen tiemerkinnotin mitoitusperiaatteet ja kuvassa 21 ajokaistan reunoilla sijaitsevan poikittaisen tiemerkinnotin mitoitusperiaatteet. Liitteiden 2 ja 3 esimerkeissä on esitetty koko ajokaistan levyisen ja ajokaistan reunoilla sijaitsevan poikittaisen merkinnän mitoitus- ja merkintäperiaate.



Kuva 20 Koko ajokaistan levyisen poikittaisen tiemerkinnotin mitoitusperiaate.



Kuva 21 Kaistan reunoilla sijaitsevan poikittaisen tiemerkin­nän mitoitusperiaate.

Poikittaisten merkintöjen etäisyys määräytyy tavoiteltavan nopeustason mukaan. Merkintöjen tiheys on 2 – 4 merkintää sekunnissa. Merkin­nät voidaan toteuttaa joko tasavälein (tavoitenopeustason mukaisella merkintöjen etäisyydellä) tai tihentyvästi (alkunopeustason merkintäetäisyyttä lyhentämällä tasaisesti kohti tavoitenopeustason merkintöjen etäisyyttä). Merkintöjen välinen etäisyys vaihtelee nopeustason mukaan (merkintätiheys 4 merkintää sekunnissa) seuraavasti

100 km/h	6,9 m
90 km/h	6,3 m
80 km/h	5,6 m
70 km/h	4,9 m
60 km/h	4,2 m
50 km/h	3,5 m

Se, kuinka pitkä merkintäjaksosta tulee, on suunniteltava tapauskohtaisesti.

Koko kaistan levyisiä merkintöjä on pidetty tehokkaina. Nopeuksien on havaittu laskeneen paikoittain jopa 5 – 16 km/h. Koko ajokaistan levyisen merkin­nän teho saattaa ainakin osittain johtua hieman kohollaan olevan merkin­nän aiheuttamasta tärinästä. Koko ajokaistan levyisten merkintöjen on arveltu myös kuluvan melko nopeasti ja leveä merkintä saattaa olla liukas etenkin moottoripyöräilijälle.

Koko kaistan levyiset poikittaiset tiemerkin­nät:

- + tehokas, nopeudet laskeneet paikoittain jopa 5 – 16 km/h
- kuluminen
- moottoripyörillä mahdollinen liukkaus

Ajokaistan reunoilla sijaitsevien merkintöjen on havaittu alentavan nopeuksia 1 – 6 km/h. Ajokaistan reunalla sijaitsevat merkin­nät eivät kulu yhtä nopeasti kuin koko kaistan levyiset merkin­nät. Lisäksi kaistan reunalla sijaitsevat merkin­nät saavat aikaan vaikutelman kapeammasta kaistasta, mikä saattaa vähentää ajoneuvojen sivuttaissijainnin hajontaa ja siten kuluttaa päällystettä enemmän.

Ajokaistan reunalla sijaitsevat poikittaiset merkinnät:

- + melko tehokas, nopeudet laskeneet 1 – 6 km/h
- + edullinen toteuttaa
- + ei kulu nopeasti
- + kaistaa kaventava vaikutus
- yhdenmukaisempi ajolinja (ei tosin sivuttaissijaintimittaus tuloksia), päällyste urautuu nopeammin

Poikittaisten merkintöjen on arveltu menettävän tehoaan kuljettajien tottuessa niihin ja merkintöjen kuluessa. Siten merkinnät saattaisivat toimia parhaiten ympäristössä, jossa paljon pitkämatkaista liikennettä, jolloin tottumista ei pääse niin nopeasti syntymään. Merkintöjä toteutettaessa on huomioitava merkintöjen aurauksen kestävyys. Päällysteen päälle massa merkityt merkinnät kuluvat nopeasti aurauksen takia. Merkinnät tulisi siten mahdollisesti ainakin osittain upottaa päällysteeseen.

Poikittaisia tiemerkintöjä on teknisesti mahdollista tehdä likimain kaikkiin päällystettyjen teiden liittymiin tai taajamaporttien yhteyteen, käyttöä rajoittavat vain kannattavuusnäkökohdat. Seuraavassa on tarkasteltu ajokaistan reunalla sijaitsevien poikittaisten merkintöjen systemaattista ja laajempaa käyttöä maanteiden keskinäisissä liittymissä liittymän pääsuunnalla vahvistamaan porrastettua tai pistemäisen nopeusrajoituksen vaikutusta.

5.4 Liittymät, joihin poikittaiset tiemerkinnät soveltuisivat

Tässä yhteydessä tarkastellaan ajokaistan reunoilla sijaitsevia poikittaisia tiemerkintöjä. Ajokaistan reunoilla sijaitsevia poikittaisia merkintöjä voisi kokeilla systemaattisesti liittymissä, joissa pääsuunnalla on nopeusrajoitusta porrastettu ja joissa ei ole liikennevaloja eikä kiertoliittymää. Kaistan reunoilla sijaitsevat poikittaiset merkinnät tehostaisivat alennetun nopeusrajoituksen vaikutusta. Koko kaistan levyisiä tiemerkintöjä voisi kokeilla huomion herättäjinä väistämisvelvollisilla ajosuunnilla ennen liittymää.

Tieverkolla on 10368 maanteiden keskinäistä tavallista tasoliittymää (taulukko 2). Niistä 279 on liittymiä, joissa pääsuunnalla on pistemäinen 80 km/h nopeusrajoitus ja tiellä muuten ainakin kesäkaudella 100 km/h nopeusrajoitus. Maanteiden keskinäisissä tasoliittymissä tapahtuu vuosittain noin 380 henkilövahinko-onnettomuutta eli runsas kymmenesosa maanteiden onnettomuuksista. Näistä keskimäärin 30 tapahtuu liittymissä, joissa pääsuunnalla on pistemäinen 80 km/h rajoitus. Liittymissä, joissa on pistemäinen 80 km/h ja 60 km/h nopeusrajoitus, tapahtuu vuotta ja liittymää kohti enemmän onnettomuuksia kuin maanteiden liittymissä keskimäärin. Nämä liittymät sijaitsevat keskimääräistä vilkkaammilla teillä.

Taulukko 2 Maanteiden keskimääräiset tavalliset tasoliittymät (Tierekisteri 1.1.2008).

	liittymiä kpl	pääsuunnan KVL	henkilövahinko- onnettomuuksia vuodessa, yhteensä *	henkilövahinko- onnettomuuksia vuodessa/ liittymä
maanteiden keskinäiset tasoliittymät yhteensä	10 368	1 826	380	0,04
pääsuunnalla 100 km/h rajoitus	1 496	2 885	62	0,04
pääsuunnalla pistemäinen 80 km/h rajoitus	279	4 237	30	0,11
pääsuunnalla pistemäinen 60 km/h rajoitus	203	3 866	20	0,10

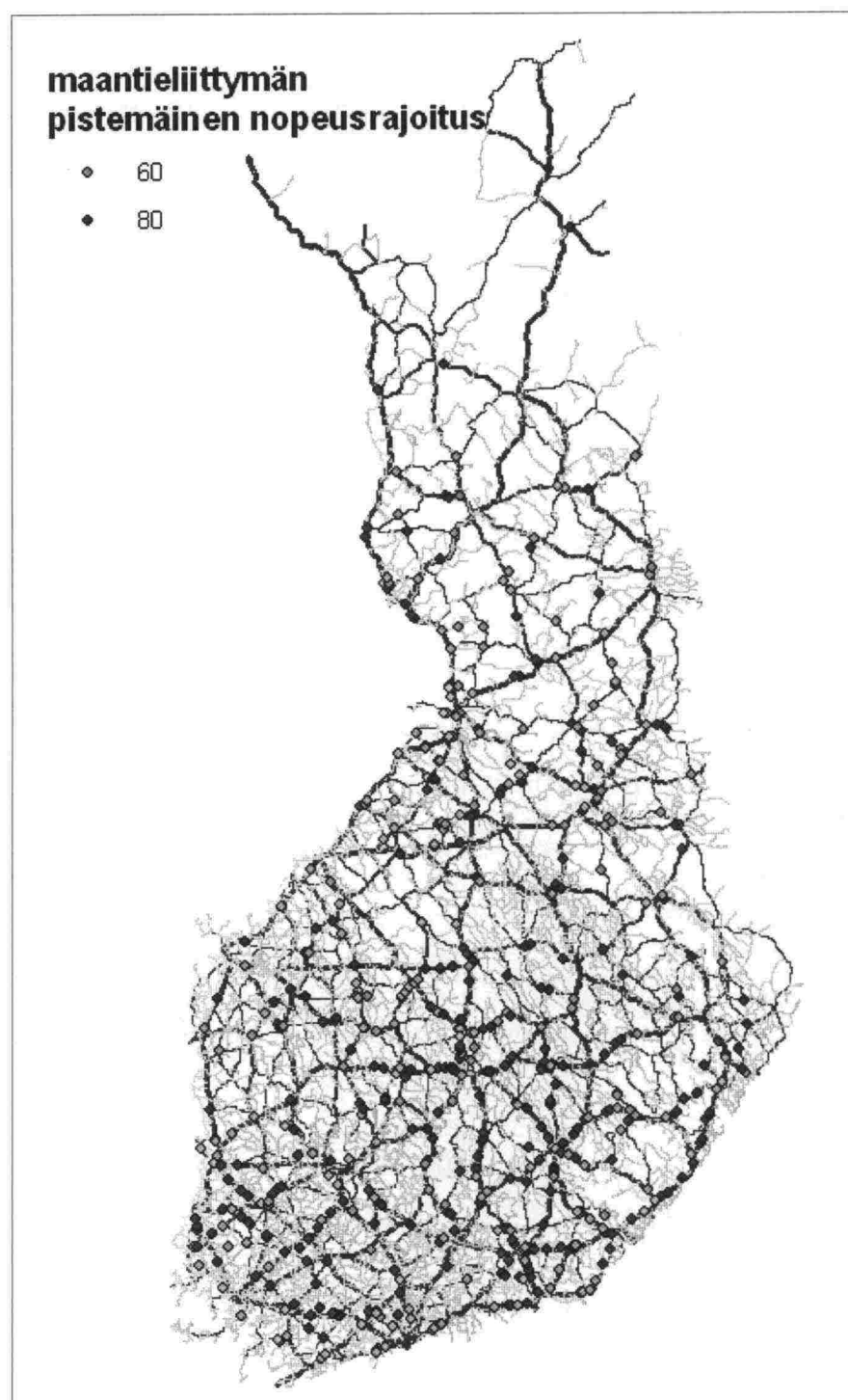
* vuosien 2003 – 2007 keskiarvo

Maanteiden keskinäisissä liittymissä kaksi kolmasosaa henkilövahinko-onnettomuuksista on risteämis- tai kääntymisonnettomuuksia. Kevyen liikenteen onnettomuuksia on noin 15 % onnettomuuksista ja yksittäisonnettomuuksia 11 %. Yleisimmät onnettomuustyyppit ovat ajo risteäviä suuntia suoraan (33 % onnettomuuksista), kääntyminen vasemmalle vastaan tulevan eteen tai kylkeen (12 % onnettomuuksista) ja kääntyminen vasemmalle risteävän eteen tai kylkeen (12 % onnettomuuksista).

Tutkijalautakuntien aineiston perusteella 25 % maantieliittymien kuolonkolareihin osallisista autoista ajoi vähintään 5 km/h kovempaa kuin tien nopeusrajoitus salli. Tämä viittaa siihen, että ylinopeudet ovat maanteiden liittymissä tavallisia.

Poikittaisten tiemerkinntöjen vaikutusta onnettomuusmääriin on vaikea arvioida. Merkinntöjen on havaittu alentavan nopeuksia, minkä on todettu vaikuttavan positiivisesti liikenneturvallisuuteen. Merkinntöillä voidaan siten olettaa olevan potentiaalia parantaa liittymien liikenneturvallisuutta.

Kuvan 22 kartassa on esitetty maanteiden keskinäiset liittymät, joissa on pistemäinen 60 km/h tai 80 km/h nopeusrajoitus, mutta poikittaiset merkinntät pääsuunnalla tien reunassa tai sivusuunnalla koko tien yli soveltuvat autoilijan huomion herättämiseen myös muunlaisissa liittymissä. Kohteeksi soveltuisi parhaiten jokin vilkas tiejakso, jolle tehtäisiin samanlaiset poikittaiset tiemerkinntät useisiin tasoliittymiin. Sopivia kohteita olisivat esimerkiksi valtatie 15 Kotkasta Kouvolaan tai jotkin osat valtateista 9 ja 12 Turun ja Tampereen välillä.



Kuva 22 Maanteiden keskinäiset liittymät, joissa on pistemäinen 60 km/h tai 80 km/h nopeakrajoitus.

6 LÄHDELUETTELO

ATSSA (2006). Low Cost Local Road Safety Solutions.

(<http://www.atssa.com/galleries/default-file/LowCostLocalRoads.pdf>), luettu 6.8.2008.

Arnold, E.D.Jr., Lantz, K.E.Jr. (2007). Evaluation of Best Practices in Traffic Operations and Safety: Phase I: Flashing LED Stop Sign and Optical Speed Bars. FHWA/VTRC 07-R34.

Bahar, G., Masliah, M., Erwin, T., Tan, E., Hauer, E. (2006). Pavement Marking Materials and Markers: Real-World Relationship Between Retroreflectivity and Safety Over Time. NCHRP Web-Only Document 92.

Bolling, A., Sörensen, G. (2008). State-of-the-art för utformning av vägarbetsplatser, Förslag till nya lösningar. VTI notat 6-2008.

Carson, J.L., Tydlacka, J., Gray, L.S., Voigt, A.P. (2008). Applications of Illuminated, Active, In-Pavement Marker Systems. NCHRP Synthesis 380, Transportation Research Board.

Charlton, S.G. (2003). Restricting intersection visibility to reduce approach speed. Accident Analysis and Prevention 35 (2003) 817 – 823.

Charlton, S.G. (2007). The role of attention in horizontal curves: A comparison of advance warning, delineation and road marking treatments. Accident Analysis and Prevention 39 (2007) 873 – 885.

Corkle, J., Giese, J.L., Marti, M.M. (2001). Investigating the Effectiveness of Traffic Calming Strategies on Driver Behaviour, Traffic Flow and Speed. MN/RC-2002-02, Minnesota Department of Transportation.

van Driel, C.J.G, Davidse, R.J, van Maarseveen, M.F.A.M. (2004). The effects of an edgeline on speed and lateral position: a meta-analysis. Accident Analysis and Prevention 36 (2004) 671 – 682.

Drottenborg, H. (2002). Are Beautiful traffic environments safer than Ugly traffic environments? Lund University.

Giæver, T., Engen T. (2005). Evaluering av midfelt – Lillehammer. SINTEF notat N-06/05.

Giæver, T. (2007). Mitfelt Lillehammer – langtidsevaluering. Sintef rapport STF50 A06130.

Godley, S.T., Triggs, T.J., Fildes, B.N. (2004). Perceptual lane width, wide perceptual road center markings and driving speeds. Ergonomics 47, 3 (2004) 237 – 256.

Griffin, L.I., Reinhardt, R.N. (1995). A Review of Two Innovative Pavement Marking Patterns that have been Developed to Reduce Traffic Speeds and Crashes. AAA Foundation for Traffic Safety.

(<http://www.aaafoundation.org/pdf/pavement.pdf>) luettu 6.8.2008.

Hawkins, H.G. Jr., Paeham, A.H., Womack, K.N. (2002). Feasibility Study for an All-White Pavement Marking System. NCHRP Report 484, Transportation research Board.

Helliär-Symons, R., Webster, P., Skinner, A. (1995). The M1 Chevron Trial. Traffic engineering + control 1995 (10, 563 – 567).

Herrstedt, L. (2005). Development of Speed Management Methods for Use on Rural Roads. The 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, paper number GD05-0006.
(<http://www.trafitec.dk/pub/speedman.pdf>), luettu 6.8.2008.

van der Horst, R. (1996). Speed-Reducing Measures for 80 km/h Roads. 9th ICTCT Workshop (<http://www.ictct.org/workshops/96-Zagreb/Horst.pdf>) luettu 6.8.2008.

Hämäläinen, V. (1993). Opastuksen vaikutus ajoneuvoväleihin. Liikenneturvan tutkimuksia 109/1993.

Kallberg, V-P. (1993). Reflector Posts – Signs of Danger. Transportation Research Record 1403, Driver performance: measurement and modeling, IVHS, information, systems and simulation. Transportation Research Board.

Katz, B.J. (2004). Pavement Markings for Speed Reduction, Final Report. Turner-Fairbank Highway Research Center
http://www.pooledfund.org/documents/TPF-5_065/speed_reduction.pdf luettu 6.8.2008.

Kilpiäinen, M. (2008). Hirvikannan, liikennemäärän ja tienvarsien raivauksen vaikutus hirvionnettomuuksiin Pohjois-Karjalassa. Metsäympäristön hoidon ja -suojelun pro gradu, Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta.

Kärki, O., Mäkinen, T. (2001). Ensikokemukset ja mielipiteet tienastoista, kokeilu valtatiellä 1. Tiehallinnon selvityksiä 74/2001.

Leibowitz, H.W., Owens, D.A., Post, R.B. (1982). Nighttime Driving and Visual Degradation. SAE Technical Paper 820414.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2005). Tieliikenteen turvallisuus 2006-2010. Ohjelmia ja strategioita 8/2005.

Liikenneturva (2008). Ikääntyminen liikenteen kannalta.
(<http://www.liikenneturva.fi/fi/liikennekasvatus/iakkaat/turvallisuus/index.php>) luettu 18.9.2008.

Luoma, J. (1984). Autonkuljettajan visuaalisen informaation hankinta: Merkitseksellisen ja merkityksettömän informaation vaikutus. Tutkimusosaston julkaisuja 64/1984, Liikenneturva.

Malmivuo, M. (1999). Liittymänäkemien vaikutus sivutieltä saapuvien ajokäyttäytymiseen. Tielaitoksen selvityksiä 41/1999.

Malmivuo, M., Peltola, H. (2004). Turvallisuusvaikutusten arviointi vaikutuskertoimin – Tarva-ohjelman vaikutuskertoimien määrittely. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 1/2004.

Manser, M.P., Hancock, P.A. (2007). The Influence of Perceptual Speed Regulation on Speed Perception, Choice and Control: Tunnel Wall Characteristics and Influences. *Accident Analysis and Prevention* 39 (2007) 69 – 78.

Manser, M.P., Hancock, P.A. (2008). Visual Pattern and Texture as Visual Cues for Lane Keeping Ability. 4th International Conference on Traffic and Transport Psychology, suullinen esitys.

Maze, T., Kamyab, A., Schrock, S. (2000). Evaluation of Work Zone Speed Reduction Measures. CTRE Management Project 99-44, Iowa Department of Transportation.

Mäkelä, O., Kärki, J.-L. (2004). Tievalaistuksen vaikutus liikenneturvallisuuteen ja ajonopeuksiin. Tiehallinnon selvityksiä 18/2004.

Mänttari, J. (2007). Hirvieläimiä tiemerkinän kokeileminen. Muistio 15.1.2007.

Niinikoski, M. (2001). S12 Pääteiden parantamisratkaisut: läkkäiden autoilijoiden tarpeet liikenneympäristön suunnittelussa. Tiehallinnon selvityksiä 56/2001.

Nilsson G. (2000). Hastighetsförändringar och trafiksäkerhetseffekter – ”Potensmodellen”. VTI Notat 76/2000.

Ojala, V., Enberg, Å. (2007). Taajamaporttien nopeusvaikutukset, Seurantamittaukset. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 48/2007.

Owens, D.A., Francis, E.L., Leibowitz, H.W. (1989). Visibility Distance with Headlights: A Functional Approach. SAE Technical Paper 890684.

Poutanen, M., Beilinson, L. (2005). Taajamaporttien nopeusvaikutuksia. VTT:n tutkimusraportti RTE 4331/05.

Pyne, H.C., Dougherty, M.S., Carsten, O.M.J., Tight, M.R. (1995). A Simulator Based Evaluation of Speed Reduction Measures for Rural Arterial Roads. University of Leeds, Institute for Transport Studies, ITS Working Paper 434.

Rajamäki, R., Räsänen, M. (2007). Kahden tiemerkinntöjen turvallisuusvaikutuksia koskevan tutkimuksen tarkastelu. VTT, muistio 29.1.2007.

Retting, R.A. (1998). Use of pavement markings to reduce excessive speed on hazardous curves. *ITE Journal*, vol. 68, no. 9, pp. 30 – 36.

Rosey, F., Aubertrand, J.-M., Bertrand, J., Plainchault, P. (2008). Impact of Perceptual Treatments on Lateral Control During Driving on Crest Vertical Curves: A Driving Simulator Study. *Accident Analysis and Prevention* 40 (2008) 1513 – 1523.

Räsänen, M. (2002). S12 Pääteiden parantamisratkaisut, Reuna- ja keskilinjien tahattomien ylitysten vähentäminen. Tiehallinnon selvityksiä 56/2002.

Räsänen, M. (2003). Upotettujen tienpintaheijastimien vaikutukset ajoneuvojen sivuttaissijaintiin ja nopeuksiin, kokeilu valtatiellä 1. Tiehallinnon selvityksiä 33/2003.

Räsänen, M., Luona, J., Unhola, T., Kallberg, V-P. (2003). Sulkuviivan värin vaikutukset liikenneturvallisuuteen. VTT:n Tutkimusraportti RTE 434/03.

Sagberg, F., Hakkert, A.S., Larsen, L., Leden, L., Schmotzer, C., Wouters, P.I.J. (1999). Visual modification of the road environment. TÖI Working report 1137/1999.

Sagberg, F. (2004). Kuljettajiin vaikuttaminen liikenneympäristön suunnitellulla, TÖI-raportin 648/2003 käänös. Tiehallinnon selvityksiä 58/2004.

Sagberg, F. (2007). Virkning av utvidet midtoppmerking på kjørefart og sideplassering – Sammenligning mellom to typer midtfelt på E6 i Oppland og Østfold. TÖI rapport 884/2007.

Scallen, S., Carmody, J. (1999). Investigating the Effects of Roadway Design on Driver Behavior: Applications for Minnesota Highway Design. MN/RC-1999-10, Minnesota Department of Transportation.

Shinar, D., Rockwell, T.H., Malecki, J.A. (1980). The Effects of Changes in Driver Perception on Rural Curve Negotiation. *Ergonomics*, 23, 263 – 275.

Sivak, F.J.J.M., Johnson, A. (2005). The information that drivers use: is it indeed 90 percent visual? *Perception*, 25, 1081 – 1089.

Smeby, T. (2008). Sähköpostiviesti 7.11.2008.

Somerpallo, A., Meriläinen, A. (2007). Käyttäjää ohjaavien teiden suunnittelu, esiselvitys. Tiehallinnon selvityksiä 23/2007.

Steyvers, F.J.J.M., Johnson, A. (2005). Making Road Safety (and Danger) Visible. *Ergonomics in design*, winter 2005.

Tiehallinto (2001). Näkemät tasoliittymissä, Kirjallisuusselvitys. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 48/2001.

Tiehallinto (2004). Tiemerkinnot ohjeluonnos 23.3.2004.

Tiehallinto (2005). Hirvieläinonnettomuuksien torjuminen, suunnitteluvaiheen ohjaus.

Tiehallinto (2006). 1+1 -keskikaideteiden suunnitteluperiaatteet. Tietoa tien suunnitteluun nro 83.

Tiehallinto (2007). Tiemerkinnot vaikutus kuljettajien käyttäytymiseen, esiselvitys. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 26/2007.

Tiehallinto (2008a). Liikenneonnettomuudet maanteillä 2007. Tiehallinnon tilastoja 3/2008.

Tiehallinto (2008b). Tiehallinnon liikenneturvallisuusohjelma.

Tielaitos (1992). Reunapaalujen vaikutus ajokäyttäytymiseen ja liikenneonnettomuuksiin, Loppuraportti. Tielaitoksen selvityksiä 59/1992.

Tielaitos (1998). Kevyen liikenteen suunnittelu. Tielaitoksen ohje.

Tielaitos (1999). Onnettomuusanalyysi: Hirviaitojen rakentamisen ja tienvarsi-
sipuuston harvennusten vaikutus hirtionnettomuuksiin vt 8:lla. Vaasan tiepiiri.

Ray, B., Kittelson, W., Knudsen, J., Nevers, B., Sylvester, K., Potts, I., Harwood, D., Gilmore, D., Torbic, D., Hanscom, F., McGill, J., Stewart, D. (2008). Guidelines for Selection of Speed Reduction Treatments at High-Speed Intersections. NCHRP Report 613, Transportation Research Board.

Ray, B., Kittelson, W., Knudsen, J., Nevers, B., Sylvester, K., Potts, I., Harwood, D., Gilmore, D., Torbic, D., Hanscom, F., McGill, J., Stewart, D. (2007). Guidelines for Selection of Speed Reduction Treatments at High-Speed Intersections. NCHRP Web-Only Document 124.

Tsyganov, A.R., Machemehl, R.B., Warrenchuk, N.M. (2005). Safety Impact of Edge Lines on Rural Two-Lane Highways. Report FHWA/TX-05/0-5090-1. Texas Department of Transportation.

Tsyganov, A.R., Machemehl, R.B., Warrenchuk, N.M., Wang, Y. (2006). Before-After Comparison of Edgeline Effects on Rural Two-Lane Highways. Report FHWA/TX-07/0-5090-2. Texas Department of Transportation.

Yagar, S., van Aerde, M. (1983). Geometric and environmental effects on speed of 2-lane highways. Transport Research 17A, 4, 315 – 326.

Östlund, J., Nilsson, L., Törnros, J., Forsman, Å. (2006). Effects of cognitive and visual load in real and simulated driving. VTI rapport 533A.

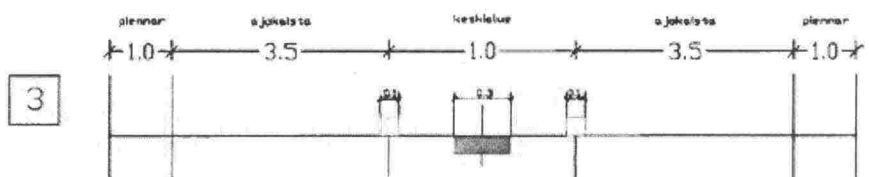
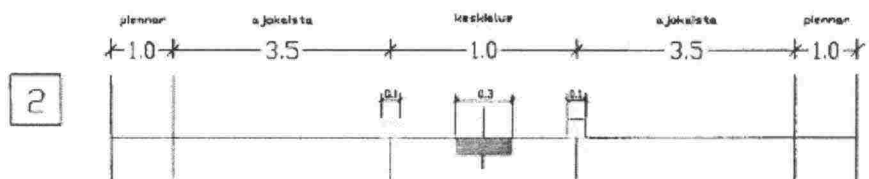
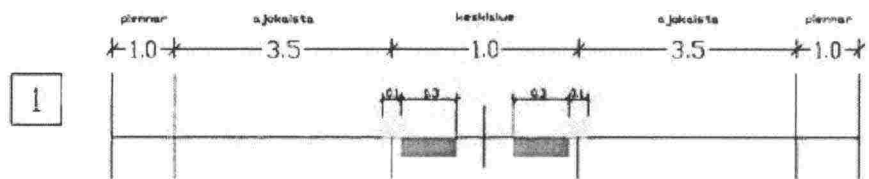
7 LIITTEET

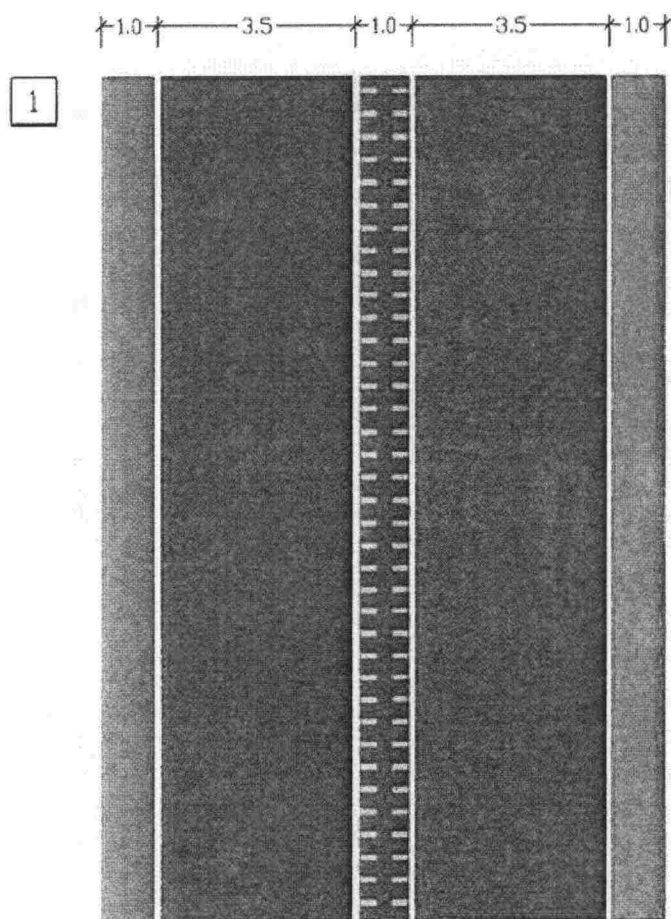
Liite 1 Leveä keskialue

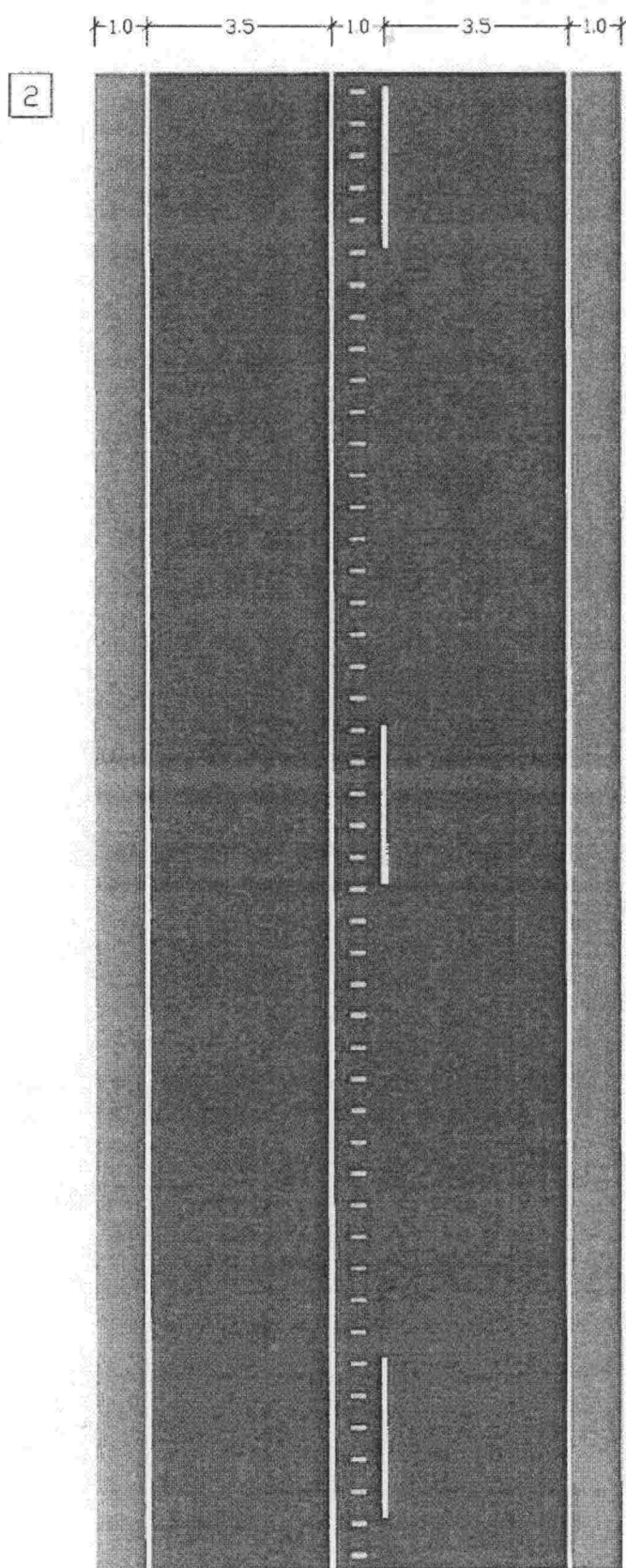
Liite 2 Koko ajokaistan levyiset poikittaiset tiemerkinnot

Liite 3 Ajokaistan reunoilla sijaitsevat poikittaiset tiemerkinnot

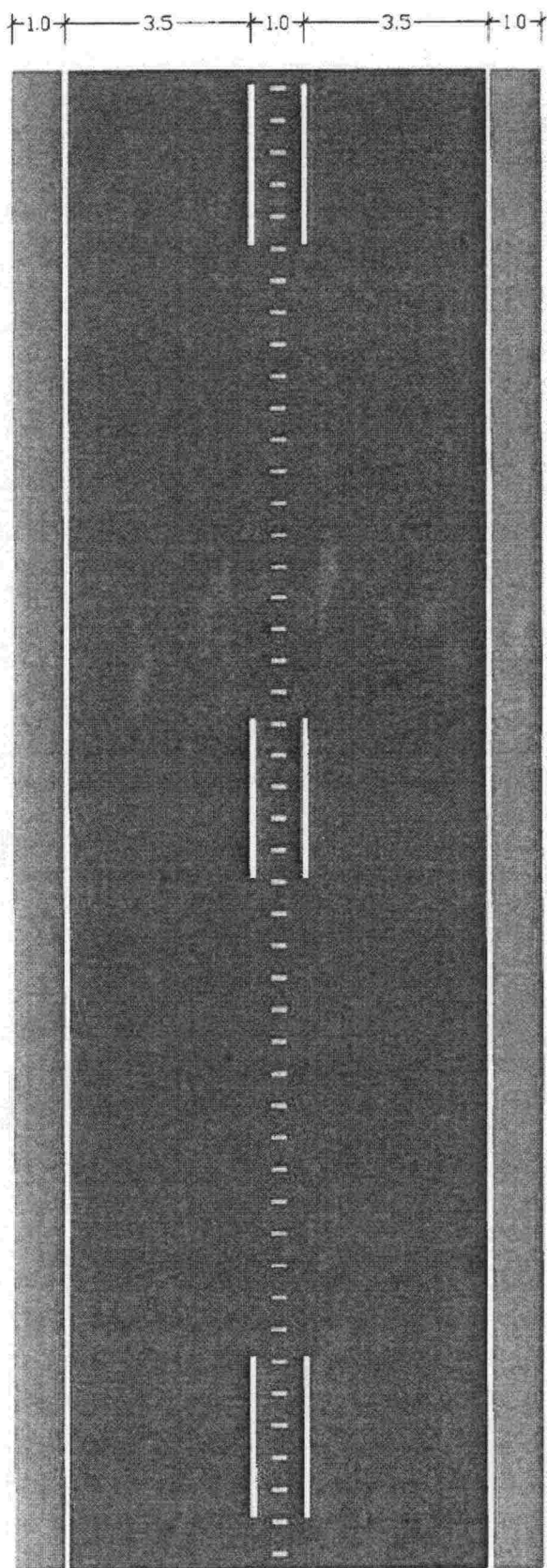
LEVEÄ KESKIALUE





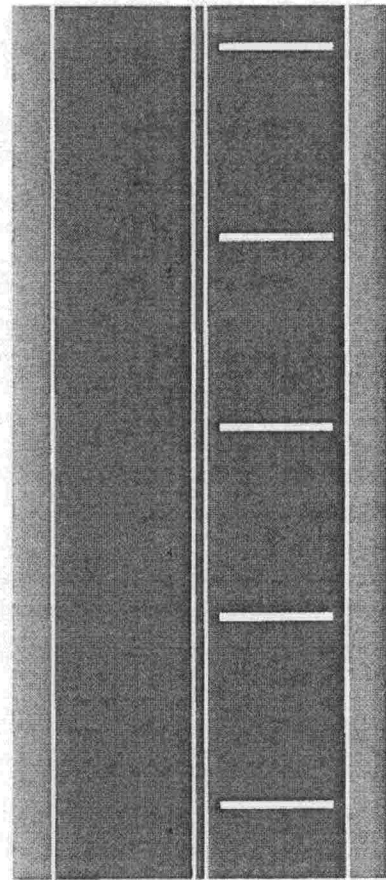
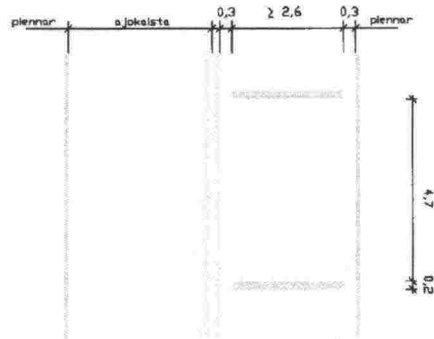


3



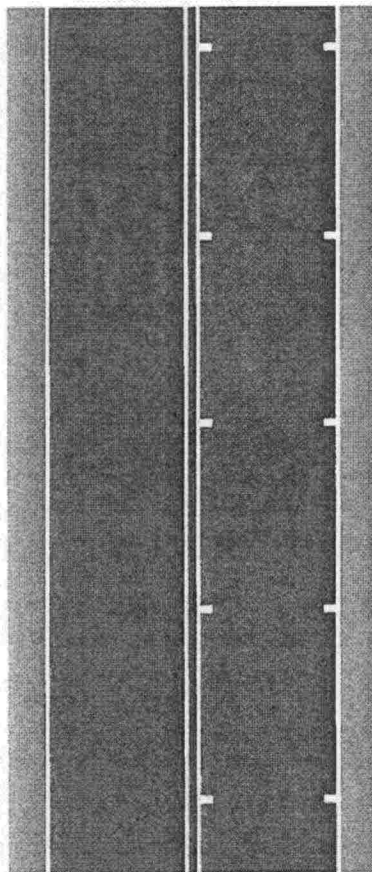
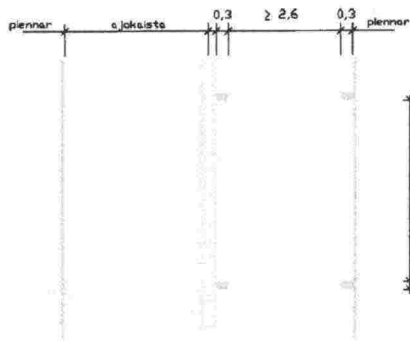
KOKO AJOKAISTAN LEVYISET POIKITTAISET TIEMERKINNÄT

Merkintöjen välinen etäisyys ajosuunnassa on 4,7 m ja merkinnän pituus ajosuunnassa 20 cm. Poikittaisen merkinnän ja pituussuuntaisten tiemerkin-
töjen väliin jää 30 cm.



AJOKAISTAN REUNOILLA SIJAITSEVAT POIKITTAISET TIEMERKINNÄT

Merkintöjen välinen etäisyys ajosuunnassa on 4,7 m, merkinnän leveys 30 cm ja pituus ajosuunnassa 20 cm.





ISSN 1459-1553
ISBN 978-952-221-149-1
TIEH 3201115-v